SZENT ISTVÁN KÖNYVEK

72. SZÁM

72. SZÁM

HIT TUDOMÁNY LELKIÉLET

NEVELÉS IRODALOM

BÖLCSELET JOG

FÖLDRAJZ TERMÉSZETTUDOMÁNY

TÖRTÉNELEM SOCIOLOGIA

ÉLETRAJZ UTIRAJZ

TÓTH ÁGOSTON

BEVEZETÉS A METEOROLÓGIÁBA

BUDAPEST
SZENT ISTVÁN
TÁRSULAT
KIADÁSA

BEVEZETÉS

A METEOROLÓGIÁBA

IRTA

TÓTH ÁGOSTON

CISZT. RG. TANÁR



SZENT ISTVÁN-TÁRSULAT

AZ APOSTOLI SZENTSZÉK KÖNYVKIADÓJA

BUDAPEST, 1929.

Nihil obstat.

Dr. Michaël Marczell
censor dioecesanus.

Nr. 2118.

Imprimatur.

Strigonii, die 16. Julii 1928.

Dr. Julius Walter
vic. generalis.

Kiadja a Szent István-Társulat.
Stephaneum nyomda és könyvkiadó r. t. Budapest.
Nyomdaigazgató: Kohl Ferenc.

TARTALOMJEGYZÉK.

		Oldal
	Előszó	5
I.	Mi a meteorológia?	7
II.	Az atmoszféra	21
III.	A meleg	32
IV.	Légnyomás. Szelek	48
V.	A víz az atmoszférában. (Párolgás, felhőzet, csapadék.)	74
VI.	A légkör elektromossága	98
VII.	Az atmoszféra fénytüneményei	117
VIII.	A meteorológia hadállásaiban	124
IX.	Az időjárás és törvényei	148
X.	Időjóslás és az időjárás módosítása	176
XI.	Az amatőr-meteorológus	189
	Felhasznált irodalom	205

ELŐSZÓ.

KÉREM az olvasót, ne tegye le ezt a könyvet, miután nem nagyon vonzó címét elolvasta. Nem száraz és elvont tudományt talál benne. Nem fog megakadni a lapjai közt képleteken, sem számtáblákon. Műszavat is csak annyit lát, amennyi elkerülhetetlenül szükséges. Címének megfelelően bevezetés akar ez a könyv lenni; tájékoztató az érdeklődőnek, alapvető ismeretgyüjtemény a kezdőnek, indulást megkönnyítő kalauz a tudományos út legelején állónak és útmutatótábla a továbbhaladni akarónak. Kerülni igyekeztem a kezdetben fölöslegeset, a nekiindulást megnehezítőt, az elkedvetlenítőt, viszont készakarva tárgyalok nem egyszer a laikus számára érdekesebb témát.

El nem múló hálával emlékezem meg e helyen is dr. Marczell György aligazgató és dr. Réthly Antal egyet. m. tanár, főmeteorológus urakról, akik könyvem kéziratát átolvasták és értékes tanácsaikkal, becses útbaigazításaikkal támogattak. A könyvben látható képek kliséinek ingyen átengedéséért a Meteorológiai Intézetet és dr. Réthly Antal urat illeti a köszönet és hála.

Baja, 1928. május 31-én.

A szerző.

I. Mi a meteorológia?

Vonzóbban hangzó nevet is adhatott volna neki a nagy Aristoteles.[1] De hát a stageirai bölcs nem magyar ember volt, és lehet, hogy a görög nyelvnek könnyebben kiejthető szó a meteorológia, mint a magyarnak. τὰ μετέωρα[2] = középen lebegők, magasban levők néven jelöli Aristoteles mindazt, ami a föld és az ég között van: a levegőtengert összes tüneményeivel együtt, a hullócsillagokat, a tejutat és üstökösöket is. Ez utóbbiakat a földből felszállott és a levegőben meggyulladt kigőzölgéseknek tartja. A ἡ μετεωρολογία τέχνη vagy röviden meteorológia eszerint az ég és föld között lebegő dolgok tudományát jelenti.

Ma kissé szűkebbre szabott a meteorológia szó jelentése. Az üstökösök kóbor égi vándorok. A tejút a világegyetem mérhetetlen távolságban levő csillagainak halmaza. A meteorok a világtér úttalan utairól zuhannak bele a levegőtengerbe és gyúlnak meg a surlódástól, vagy inkább a hulló meteor által összenyomott levegő melegétől. Nem az atmoszféra szülöttei. Egyikkel sincs

[1] Született Stageirában, Thrákia egy gyarmatában Kr. e. 384-ben. Megh. 322-ben. Az ókori filozófia legnagyobb alakja. Nagy Sándor nevelője. Művei közt szerepel a 4 könyvre oszló meteorológia is (τὰ) Μετεωρολόγικα címen.

[2] μετά = között, ὁρίζω = aor. határolódik, elterül, van, μετεωρίζω = magasba emel, magasba emelkedik.

dolga a meteorológiának. Elég kutatnivalót ad maga a légkör. Kék, mint a tenger... Hol fehér felhők úsznak rajta lassan, mint fehér hajók a partnélküli tengeren, hol feketén fenyegető sziklák tornyosulnak rajta, hol szomorú ólomszürke, rongyos takaróba burkolja az arcát, hol meg annyi fényes ragyogás árad el rajta, hogy a pacsirta is részeg örömmel fúrja bele magát a magasságaiba. Tenger, amelynek nem érni a mélyét, tenger, amelynek nem látni a szélét... Viharok kelnek benne, melyek eltördelik a keményderekú fákat. Villámok csapnak ki belőle, mint tüzes ostorok, melyek csattanására megrendül a föld és megáll a szívek verése. Élet sugárzik rajta keresztül a napsugarak tüzében és élet hull belőle az eső nyomán. És halált is rejteget titokzatos ölében: jégesők pusztító zúgásában, villámcsapások vakító tüzében, melegek fullasztó árjában és hidegek dermesztő kínjában. Néha nyugodt, mint egy nagy üvegbura, pedig mennyi változás, mennyi élet van a mélyén! Ezeknek a változásoknak törvényeit kutatja a meteorológia. Fizikai tudomány. A légkör fizikája.

Módszere a megfigyelés és mérés útján való adatgyüjtés. Az össszegyüjtött adatok halmazából részben statisztikai módszerekkel, részben a fizika törvényeinek segítségével igyekszik megállapítani a levegőtenger törvényeit. Célja a légkör törvényeinek megismerése: az igazság, amely minden tudomány végső célja. Az atmoszféra tüneményei azonban annyira át- meg átszövik az élet csaknem minden területét, annyira rabjai vagyunk a levegőtengernek, amelynek fenekén élünk, hogy a szigorúan tudományos célkitűzéssel dolgozó *általános meteorológián* kívül különböző gyakorlati céloknak megfelelően ennek a tudománynak számos gyakorlati

válfaja és ága van, melyek a légköri tünemények közül azokkal foglalkoznak behatóbban, azoknak törvényeit kutatják alaposabban, amelyek céljukhoz közelebb állanak.

A meleget, hideg, hűvös, langyos idő váltja fel, a légnyomás emelkedik és süllyed; szellők, szelek, viharok verik fel a légtenger látszólagos nyugalmát, az égen felhők jelennek meg, vonulnak föl és tünnek el, eső paskolja a házak ablakát, jég veri el az emberek vetését, hó borítja be a fagyos, szomorú földet, nyirkos ködök fojtogatnak mint orgyilkos fátyol, zivatarok villáma hasít az éjtszakába, majd ragyogó fényben, melegben, illatban úsznak a virágzó gyümölcsfák stb. Ez az időjárás. Az időjárás törvényeit kutatja az időjárás tudománya, mai módszere szerint: a *szinoptikus meteorológia*. Végső célja az, hogy a meglévő időjárásból a következőt levezesse, előre jelezze, meghatározza vagy (hibás kifejezéssel) megjósolja (prognosztika). *Az éghajlattan (klimatológia)* valamely helynek átlagos időjárását, éghajlatát tanulmányozza: azt, ami az időjárásból egy helyen állandóan visszatérő jellegű, mint a tavasz, a nyár, az ősz és a tél. A hőmérsékletnek, esőnek, szélnek stb. középértékeit, továbbá maximális és minimális szélsőségeit állapítja meg. Minden helynek megvan a maga éghajlata, amelynek tudományos megismerése hosszú évek mérési, észlelési sorozataiból statisztikus módszerekkel történik.

A magasabban fekvő levegőrétegek meteorológiai viszonyainak vizsgálatát a meteorológiának legfiatalabb ága, az *aerológia*[1] tűzte ki feladatának.

A meteorológiai ismereteknek az élet különböző

[1] ἀίρω = fölemel, aor.: fölemelkedik.

viszonylataiban lehetséges és szükséges alkalmazásai révén jöttek létre a meteorológia *alkalmazott tudományai:* a tengerészeti-meteorológia, hadászati- vagy katonai-meteorológia, agrometeorológia (földmívelési-meteorológia), vízrajzi-, orvosi- és közegészségügyi-meteorológia, repülő-meteorológia, sőt törvényszéki-meteorológia, amelyek mindegyike speciális céljának megfelelően vegyest használja fel, esetleg fejleszti tovább az általános és szinoptikus meteorológiának meg a klimatológiának azokat a részeit, amelyekre szüksége van.

A meteorológia ma még messze van a fejlettségnek attól a fokától, amellyel például a fizika megállapítja az eső test sebességét, vagy a prizmában a fénysugár útját, de hasonlíthatatlanul fiatalabb tudomány is, mint többi természettudomány-testvérei. Igaz ugyan, hogy az időjárás iránti érdeklődés egykorú az emberiséggel, de a meteorológia útja csaknem a legújabb időkig a babonák, tévedések és tapogatózások útja volt. Csak a két utolsó században bontotta ki szárnyait és vágott neki fokozódó lendülettel annak az útnak, mely a tudomány útja: az objektív és céltudatos kutatás útjának. Kezdetei elvesznek az őskor homályában. Ifjúkorától kezdve hosszú időkön át nyomja rá bélyegét az ókori népek *mithológiája.* A villámot Zeus-Jupiter tartja kezében. Hephaistos-Vulcanus legényei, a félszemű cyclopsok kalapálják számára az Aetna tüzében. A szeleket Aeolus tartja elzárva vagy ereszti szabadjára. A tengerek hullámait Neptunus kormányozza. Ez az ókor két legműveltebb népének «meteorológiája».[1] A többié

[1] Az ókori filozófusok többé-kevésbbé helyes nézetei elszigeteltségüknél fogva ezen a képen nem sokat változtatnak.

hasonló hozzá. Máig megmaradt belőle a villám neve: «mennykő», «Isten ostora» és egy csomó babonás vélemény és szokás. A második korszak az *asztrológiáé*. Azé a koré, mely a csillagok konstellációjában látta okát életnek, halálnak, betegségnek, szerencsének és időjárásnak. Horoszkópok felállításából és vizsgálatából próbálta kiszámítani az életnek és időjárásnak útját. Maradványai ma is megvannak. Hívei is vannak: a konok holdhívők, akiknek még ma is a Hold csinálja az időváltozást. A holdtölte és újhold áhítattal várt időjárási fordulópontok: Ha néha ráhibáz, azt sohse felejtik el, ha számtalanszor nem vág be, észre se veszik. Ezekből a tévedésekből csak lassan derengett a hajnal. A barométer és a hőmérő feltalálása[1] az első mérföldkövek a tudományos meteorológia történetében. Ez a korszak a *műszerek kora*: egy helyen végzett mérésekből (légnyomás, hőmérséklet, nedvesség stb.) következtetnek a várható időjárásra. A hely klimája, éghajlata megismeréséhez nagyon sok adatot szolgáltatnak az egyre tökéletesedő műszerekkel végzett mérések, az időjárás megismeréséhez azonban édes-keveset segítenek. A folyton változó, minden ízében soha meg nem ismétlődő időjárásnak okai és méretei túlterjednek egy hely határain. Mintha egy változatos szemekből álló lánc vonulna el előttünk, amelynek szemei közt vannak hason-

[1] A barométert Torricelli és Viviani kísérlete teremtette meg 1643-ban. Az első használható hőmérőt (kezdetben alkohollal, később higannyal) 1720. körül használja Fahrenheit. A barométert időjóslásra Guericke, Magdeburg polgármestere alkalmazta először 1660. dec. 9-én. A magassággal való légnyomáscsökkenést Pascal, a kiváló francia matematikus ajánlatára és kérésére sógora, Périer mutatta ki a Puy-de-Dome-on 1648. szept. 19-én.

lók, de egyenlők nincsenek és mi csak a közvetlen előttünk mozgó láncszemet figyelnénk meg, vagy akár vizsgálnánk meg tökéletes műszerekkel: nem sokat tudnánk megállapítani a lánc útjából és a következő láncszemekről. Ilyen «láncszem-meteorológia» az egy helyen, elszigetelten végzett észlelésekre, mérésekre alapított meteorológia is. Ennek a kornak szülöttei a mindenttudó barométerek, amelyeknek mutatója mellé nemcsak az van odaírva kategórikus rövidséggel, hogy szép idő, borús, esős, viharos, hanem néha még az is, hogy földrengés. Ebben a korban kelendők az időjósló házikók, melyeknek dupla ajtaján a férfi lép ki, ha rossz idő jön, és a nő jelenik meg, ha jó idő várható. És ekkor divatosak a színüket változtató átlátszó képek az ablak üvegén. Ez a kor még nagyon közel van hozzánk. A nagyközönség, sajnos, még félig benne él. Akik kinőttek a naiv babonákból, de nem értek el a meteorológia mai fejlettségének közepes nívójáig, azok ma is esküsznek a barométerükre és mondanak tudálékos képpel «abszolut biztos» időjárási jóslatokat, mintha az általános időjárási helyzettől függetlenül egyedül barométerük kormányozná lakóhelyük időjárását, és az időjárás olyan egyszerű lenne, mint egy összeadási képlet. Eljárásuk nem ér föl a természet emberének eljárásával, mert a pásztorember és az ősember az égalja képéből jósol elég biztosan: Ez az égalja esetleg 200—500 km-re van tőle, tehát az általános időjárási helyzetben gyökerezik a következtetése.

A műszerek feltalálásával, tökéletesedésével és elterjedésével az éghajlat megismerése erős iramot vesz. A klimatológia már a XVIII. sz.-ban tudománnyá fejlődik, amikor az időjárástanról mint tudományról beszélni is alig lehet. Angliában (Townley) már 1677—1704-ben

esőméréseket[1] végeznek, majd az essexi Upminsterben 1697—1716-ban.

Az 1780-ban alakult mannheimi Societas Meteorologica Palatina meteorológiai megfigyelőhálózatot létesít, amelynek állomásain a Társaság eszközeivel, egységes utasítások szerint történnek az észlelések. Ez a hálózat ugyan az akkori háborús és forradalmas idők következtében 1792-ben megszűnt és megmaradt állomásain is elszigetelten és egységes elvek, utasítások nélkül folyt tovább az észlelés és adatgyüjtés, azonban a meteorológiai hálózat gondolata és az áttekintő meteorológia szükségességének eszméje nem aludt el többé. Főként Humboldt sürgeti a meteorológiai intézetek és hálózatok létesítését. Az ő korában már annyi anyag gyűlt össze, hogy elkészíthette 1817-ről az évi izotermákat,[2] azaz megszerkeszthette az egyenlő évi középhőmérséklettel bíró helyeket összekötő görbe vonalakat. Dove 1848-ban már a havi izotermákat szerkeszti meg az egész föld színére. Majd egymásután alakulnak meg az egyes államok meteorológiai intézetei és megfigyelőhálózatai az ország klimájának tanulmányozására.

Nálunk az első meteorológiai állomást a mannheimi Soc. Met. Palatina létesítette. A rendszeres észlelések 1781-ben indultak meg a budai csillagvizsgáló-intézetben, a királyi várban. Az állomás 1815-ben a Gellérthegyre került, ahol 1849-ben Budavár ostromakor esett áldozatul.[3]

Az elnyomatás idejében az osztrák meteor. hálózat

[1] A zsidók Palesztinában már évezredek előtt végeztek rendszeres csapadékmegfigyeléseket. (Réthly dr. közlése.)

[2] ἴσος = egyenlő és ἡ θέρμη = a meleg, görög szavakból a. m. egyenlő hőmérsékletű.

Érdekes történetét l. Termtud. Közl. 1878.

öleli föl Magyarországot is. A bécsi K. K. Akademie der Wissenschaften 1848-ban szervezi meg a meteor. hálózatot. 31 állomása közül 1 magyar. 1850-ben 39 közül 3 van nálunk. 1851-ben a császár elrendeli a Középponti Meteorológiai Intézet fölállítását. 1852-ben 14, 1860-ban 31, 1870-ben már 42 állomása található Magyarországon.

A mai magyar Meteorológiai Intézet gyökerei 1861-ig nyúlnak vissza: Schenzl Guidó dr. admonti (Stájerország) bencés szerzetes, a budai főreáliskola igazgatója[1] az intézetében létesített meteorológiai állomást a Magyar Tudományos Akadémia pártfogásával és költségén obszervatóriummá fejlesztette. A kiegyezés után 1870-ben megalakult a Magyar Királyi Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet. Első igazgatója Schenzl. 1871-ben az Intézet a budai főreálból bérházba költözik a Várba. 1872-ben a Lovas-uti Novák-villába megy át, ahol meg is maradt 1900-ig. 1893-ban Konkoly Thegé Miklós igazgatósága alatt átszervezték és a közoktatásügyi tárca keretéből a földmívelésügyi minisztérium ügykörébe került. 1900-tól 1911-ig a Fő-utcában volt az intézet. 1910 óta saját palotája[2] hirdeti a magyar kultúra dicsőségét. Az Intézet a meteorológiai hálózatot gyorsan és szélesen kiépítette: 1871-ben 47 állomása volt, 1913-ban már 180 meteorológiai- és 1200 csapadékmérő-állomása működött. Ma a csonka hazában kb. 70 első-, másod- és harmadrangú állomás[3] és kb. 350 csapadékmérő-állomás áll a meteorológiai kultúra

[1] Szül. 1823., megh. 1890. mint admonti apát. Életét és működését illetően l. Az Időjárás 1923. utolsó füzetét.

[2] A Margit-körút közelében, II., Kitaibel Pál-u. 1.

[3] A hálózat szervezetét és működését a VIII. fejezetben tárgyaljuk.

szolgálatában. 1925-ben a meteorológiai tudományok művelésére Magyar Meteorológiai Társaság alakult Budapesten.[1]

Jó ideig — ha nem is kifejezetten — az a nézet uralkodott a meteorológiában, hogy az időjárás, mely a légkör nyomásának, hőmérsékletének stb. összesége, egy helyen születik, változik és múlik el; épen ezért elegendő az egy helyen végzett észlelések eredménye a hely időjárásának megítélésére. Hogy az időjárás vándorló valami, amely egyik helyről a másikra jut el, fölvéve közben az őt ért hatásokat és szerintük alakulva és módosulva, az csak az 1854. évben vált világossá. Kiváltója az a vihar volt, amely 1854 nov. 14-én a krimi háború idején az egyesült angol-francia feketetengeri flottát Balaklava mellett szétszórta és részben elpusztította. Leverriernek, a nagynevű matematikus-csillagásznak jutott a feladat, hogy e vihar időjárási okait kikutassa. Kitűnt, hogy e vihar nyugatról kelet felé vonultában átment egész Európán és könnyen előrejelezhető lett volna az útja, ha megfelelő időjárási hírszolgálat van Európában. Ennek a megállapításnak hatására alakult meg 1855-ben a francia időjárási hírszolgálat. E dátum egyuttal a meteorológia történetének fordulópontja: kezdete az u. n. szinoptikus meteorológiának, mely a levegőtengernek nagyobb területen (ország, világrész) mutatkozó egyidejű állapotát teszi vizsgálata tárgyává és így igyekszik megállapítani az atmoszféra törvényeit és ez úton próbál következtetni az időjárás változására és a jövendő időjárásra. A gyors hírszolgálatot

[1] Tagsági díja 3 évi kötelezettséggel 6 pengő. Tagilletmény «Az Időjárás» meteorológiai havi folyóirat.

lehetővé tette a már meglevő vagy kiépülés stádiumában levő meteor. hálózat és a távíró. A francia példát csakhamar követte az egész művelt világ.

Az időjárási térképek története messzebbre nyúlik vissza. Brandes (breslaui egyetemi tanár) 1820-ban térképen ábrázolja az 1783. márc. 6-i viharos időjárási helyzetet: az egyenlő nyomású helyeket összekötő ú. n. izobár[1]-vonalaknak és a szélirányoknak a térképre való rajzolásával. Adatait a mannheimi Soc. Met. Pal. feljegyzéseiből merítette. Glaisher[2] 1849 jún. 14-én a Daily News-ben már távirati adatok alapján ad ki időjárási térképet. Sőt az 1851. aug. 8.—okt. 11. időközben a londoni világkiállításon naponkint jelennek meg időjárási térképek. A rendszeres napi időjárási térképek kiadása Franciaországban indul meg 1863-ban. Követi Ausztria 1865-ben. Magyarországban 1880-tól kezdve jelennek meg napi időjárási térképek. 1888. jún. 1-től kezdve a Meteor. Intézet adja ki őket.

A kutatás útjai a föld felszínéről csakhamar a magasabb levegőrétegek felé irányulnak. Megalakulnak a magaslati vagy hegyi obszervatóriumok és állomások: Sonnblick (Magas Tauern 3106 m), Pic-du-Midi (Franciaország 2877 m), Säntis (Schweiz 2467 m), Zugspitze (Bajorország 2865 m), Eiffel-torony stb. Hazánk régi magaslati állomásai az ország megcsonkítása következtében elvesztek. Ma három magaslati állomás működik: a Dobogókőn (698 m) meg a Vaskapun (406 m) Esztergom mellett és a Galyatetőn a Mátrában (963 m).

A mult század 90-es éveitől kezdve a meteoroló-

[1] ἴσος = egyenlő és βαρύς = nehéz, súlyos görög szavakból a. m. egyenlő nyomású.

[2] Angol fizikus és meteorológus (1809—1903).

giának új ága nyílik az aerológiában: a szabad légkör felsőbb rétegeinek kutatásában. Glaisher-nek 1862-ben történt kezdeményezése után a poroszok a megindítói. Műszert vivő sárkányok, lekötött léggömbök, szabad (embert vivő) léggömbök, műszeres léggömbök (ballons-sondes) és repülőgépek az aerológia segítőeszközei.[1] Az aerologia az atmoszféra törvényeinek és szerkezetének megismerésében nagy lépéssel vitte előre a meteorológiát. Felszállásait nemzetközileg megállapított napokon és tervek szerint végzik. Nálunk az első ballonsonde felszállás 1913 jan. 3-án történt.

A szikratávíróban a szinoptikus meteorológia kapott megbecsülhetetlen kutatóeszközt. Segítségével az óceán különböző részein úszó hajók is elküldik jelentéseiket a középpontoknak és így az időjárási-helyzetek életének és változásának törvényei nagyobb területről és tüzetesebben tanulmányozhatók.

A kísérleti stádiumban levő drótnélküli kép-távíróval máris sikeres próbálkozások történnek időjárási térképek átvitelére.

*

A meteorológia fejlődése, haladása és eredményei nagykiterjedésű irodalmából ismerhetők meg. Itt azokat a munkákat csoportosítjuk, amelyek a meteorológiai irodalom legjava termékei, aránylag könnyen hozzáférhetők és belőlük a meteorológia mai állásának hű képét kapjuk:[2]

[1] Sárkányok 5—6 km-ig emelkednek. A repülőgépek magassági rekordja 1926-ban Callizo francia aviatikusé: 12.442 m. Műszeres-léggömb (ballon-sonde) emelkedési magassága megközelíti a 30 km-t.

[2] A csillaggal megjelölt könyvek egyúttal e munka megírásánál felhasznált művek.

A) *Általános és szinoptikus meteorológiát tárgyaló művek:*

a) *Magyarnyelvű meteorológiai könyvek:*

* A Műveltség Könyvtára. Világegyetem. 13—147. oldal.[1] Cholnoky J. dr. tollából.

* *Cholnoky, A levegő fizikai földrajza. Budapest. 1903.*

* Cholnoky, Általános földrajz. I. köt. 1. rész. A levegő. Pécs-Budapest. 1923.

* Berget—Bogdánfy, A földgömb és a légkör fizikája. Budapest. 1909.

* *Réthly, Időjárás és éghajlat. Budapest. 1921.*[2]

* *Hille, A repülés eleme.* (Légkörtani ismeretek.) Budapest. 1926.[3]

b) *Németnyelvű munkák:*

* Trabert-Defant, Meteorologie.[IV.] Berlin-Leipzig. 1921. Samml. Göschen.

* Freybe, Praktische Wetterkunde.[II.] Berlin. 1922.

Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde.[II.] Braunschweig. 1913.

Georgii, Wettervorhersage. Dresden. 1924.

Exner, Dynamische Meteorologie.[II.] 1925.

* *Defant, Wetter u. Wettervorhersage.*[II.] *Leipzig-Wien.* 1926.

Hann—Süring, Lehrbuch der Meteorologie.[IV.] Leipzig. 1926.

[1] Kiválóan sikerült népszerű meteorológiai összefoglalás.

[2] Magyar nyelven egyedülálló rövid, teljes meteorológia, amely még használható. Heller Időjárás-a elavult.

[3] Rövid, meteor. munka, elsősorban repülők számára. Más is haszonnal forgathatja. A ciklonok Bjerknes-féle elméletét már tartalmazza.

c) *Angolnyelvű művek:*

Bjerknes and Solberg, Life cycle of cyclons and the polar front theory of atm. circulation. Bergen. 1922.

Brooks, Why the Weather? New York. 1924.

Clayton, World Weather. New York. 1923.

Humphreys, Physics of the air.

d) *Francianyelvű könyv:*

Baldit, Etudes élémentaires de météorologie pratique. Paris. 1923.

B) *Klimatológiai munkák:*

* *Réthly, Időjárás és éghajlat.* Budapest. 1921.[1]

Róna, Éghajlat. Magyarország éghajlata. Budapest. 1907—1909.[2]

Köppen, Klimakunde. I. Allgemeine Klimalehre. Samml. Göschen.

Defant-Obst, Lufthülle und Klima. Leipzig. 1923.

Hann, Handbuch der Klimatologie.III. Stuttgart. 1911. (3 köt.)

C) *Meteorológiai műszerekről és mérésekről szóló művek és utasítások:*

* *Róna, Meteorológiai megfigyelések könyve.* Budapest. 1925.[3]

[1] Bevezető klimatol. tanulmányok céljára kiválóan ajánlható.

[2] A legkiválóbb magyarnyelvű alapvető éghajlattani munka.

[3] Mindazt tartalmazza e kiváló mű, amit a meteorológiai műszerekről, kezelésükről, karbantartásukról, elhelyezésükről és használatukról tudni kell. Meteorológiai megfigyelésekhez nélkülözhetetlen könyv.

Robitzsch, Die Beobachtungsmethoden des modernen Meteorologen. Samml. Mainka Nr. 4.[1]

D) ***Speciálisabb tárgyú könyvek:***

* Kähler, Luftelektrizität. Berlin-Leipzig. 1921. Samml. Göschen.
Kähler, Elektrizität der Gewitter. Berlin. 1924.
Gockel, Das Gewitter.III. Berlin-Bonn. 1925.
Pernter u. Exner, Meteorologische Optik. Wien. 1902.
Warren Smith, Agricultural Meteorology. New York. 1920.
Georgii, Flugmeteorologie. Leipzig. 1927.
Kassner, Gerichtliche- u. Verwaltungs-Meteorologie. Berlin-Leipzig 1921.
Shaw, Manual of Meteorology. Vol. 1. Meteorology in history. Cambridge. 1926.[2]

E) ***Magyar meteorológiai folyóirat:***

* *Az Időjárás.* Havi folyóirat. Megindult 1897-ben. Jelenleg a 32. évfolyamánál tart.

Részletesebb irodalmi adatokat és utalásokat a felsorolt helyeken bőven találni. A magyarnyelvű, magyar szerzőktől származó vagy magyarvonatkozású irodalmat Réthly Antal dr. állította össze és közölte az Időjárás 1913—21. és 1925-i évfolyamaiban «Bibliotheca Meteorologica», ill. «Bibliotheca Met. Hungariae» címen.

[1] A mérőeszközök és mérőmódszerek kritikai ismertetése. Elméleti munka.

[2] A meteorológia fejlődése és története, egyben e szempont szerint a meteor. ismeretek összefoglalása.

II. Az atmoszféra.

Nem szőtt soha finomabb fátylat az emberi kéz, mint aminőt a Föld visel az arcán: a levegőtengert. Maga láthatatlan. Színe nincs, mégis annyi fény, annyi szín változik, játszik rajta, hogy évezredek során nem termett ecset hű másolására. A neve légkör, atmoszféra. Megint görög szó. Annyit jelent: a párák, gőzök gömbje, a levegő gömbje, légkör.[1]

A régiek azt hitték, hogy a levegő egyszerű test, elem, mint a tűz, víz és a föld. Ma tudjuk, hogy különböző ú. n. permanens-gázak[2] keveréke, melyben változó mennyiségű vízgőz, széndioxid, ózon, savak és szilárdanyagú részek (por stb.) vannak.

A levegő gáz. Több gáz keveréke. Az alsóbb rétegekben térfogat szerint 78% nitrogénből, 21% oxigénből, 1% argon, neon, kripton, helium nevű ritka gázakból áll. Az oxigént és nitrogént Scheele svéd gyógyszerész és kémikus fedezte fel és 1773-ban mutatta ki a levegőben való jelenlétét. Az argont, neont és kriptont Rayleigh és Ramsay angol tudósok találták meg az atmoszférában. Az oxigén az állati szervezetek számára föltétlenül szükséges, mert a testükben végbemenő lassú

[1] ὁ ἀτμός = gőz, pára, füst, ἡ σφαῖρα = a gömb.

[2] Permanenseknek azokat a gázokat nevezzük, melyek rendesen gázállapotban fordulnak elő, nem úgy, mint pl. a vízgőz.

égés előidézője. Ha mennyisége 17%-ra száll alá, az állati élet megszűnik. Viszont nagyobb mennyiségben belehelve, a szervezet gyors elégését, pusztulását okozza. A nitrogén a növényvilág nélkülözhetetlen tápláléka. Szervezetünkre közömbös.

Az atmoszféra mindig tartalmaz változó mennyiségben vízgőzt is. Mennyisége nem haladja meg az egész térfogat 4%-át. Szerepe azonban egész időjárásunkban döntő fontosságú.

A szénsav (széndioxid) még kisebb és ugyancsak változó mértékben szerepel a légkör alsó rétegeiben. Ezer liter levegőben 3 deciliter a szokott értéke. Állati szervezetek termelik (kilehelik), növényiek fogyasztják: napsugarak hatására szétbontják. A föld szilárd kérgéből is sok jut belőle a levegőbe részben vizekben lekötve (szénsavas vizek), részben gázalakban (szénsavas exhalációk). Nem méreg, de nagyobb mértékben belehelve igen ártalmas. Ha a nála könnyebb levegőt valahonnan kiszorítja, fulladást okoz. Mennyisége éjjel, fogyó hőmérsékletnél, süllyedő légnyomásnál nagyobbodik. Nagy városok, zsúfolt helyiségek levegőjében is több van, mint a szabadban és erdős vidéken. Londonban ködös időben 0·14%-ig emelkedhetik az értéke. Dohánygyárakban 0·44%-nyi értékét is találták.

Az ammóniák nitrogénvegyület, mely szerves vegyületek bomlásából kerül a levegőbe. Közepes mennyisége igen kicsiny: százezer köbméter levegőben két gramm! Ahol bomló szervezetek nagyobb mennyiségben vannak (pl. nagyvárosok közelében), ott több jut belőle a légkörbe. Az eső lecsapja és ezzel megtisztítja tőle a levegőt.

Gyengén képviselt alkotórésze a légkörnek az ózon

is. Háromatomos oxigén-molekulákból álló gáz.[1] Elektromos kisülések hatására keletkezik. Újabb kutatások azt sejtetik, hogy esetleg az ibolyántúli napsugarak hatására (melyeket az ózon a kísérletek szerint erősen elnyel) jön létre 40—50 km magasságban, ahol a napsugarak kémiai (ultraibolya) hatása erősebb, mint a föld színén.[2] Mennyisége zivatarok után és alacsony légnyomásnál nagyobbodik és elérheti köbméterenkint a 0·02—0·03 milligrammot. Rendesen azonban csak egy millió köbméter levegőre jut belőle 16 gramm. Dobson, Lawrence és Harrison 1926—27. mérései szerint mennyisége a napfoltok számával nő. Áprilistól októberig növekszik, máskor fogy. Az egyenlítőtől a sarkok felé növekvő mértékben van jelen.[3]

Villámcsapások oxigénből és nitrogénből, az ózon az ammóniákból salétromos savat és salétromsavat készít. Kénes sav, kénsav, hidrogénszuperoxid és hidrogén egészítik ki az atmoszféra alkotórészeit. Mindegyikből nagyon kevés van a légkör földszínéhez közeleső rétegeiben. A légköri kénsavat különösen a kőszénfűtés okozza.

A levegő összetételének aránya mindaddig közel állandó, amíg a levegőtömegek keveredése megtörténhetik, vagyis olyan magasságokig, ameddig a levegő függőleges irányú mozgása feljut. Ez a magasság középértékben 8—10 km.[4] Azon fölül az összetétel aránya

[1] Az anyag kémiailag oszthatatlan alkotórésze az atom. Az oxigén-gáz fizikai értelemben utolsó építőkövét, a molekulát 2, az ózonét 3 oxigén-atom alkotja.

[2] Az Időjárás. 1928. 26. o.

[3] Természettudományi Közlöny. 1928. 115. o.

[4] Magas hegyeken nem az oxigén aránya változik meg, hanem a levegő lesz egyre ritkább. Tehát a belélekzett levegőben

megváltozik. Negyven kilométer magasság körül eltünik az argon, 80 km körül elfogy az oxigén és 100 km-en fölül nitrogén sincs már. Helyüket mindig ritkább és ritkább eloszlásban a hidrogén, hélium és egy ismeretlen természetü gáz, a geokoronium foglalja el. Ezek azonban csak valószínűségek. Ember még nem jutott föl 13 km fölé, műszeres léggömb is csak 25—30 km közt járt. A magasabb levegőrétegekbe mégis elér az embernek nem ugyan a keze, de a szelleme. A spektroszkóp az az eszköz, amely a csillagok titkait is megbolygatja és következtetést enged az atmoszféra magas rétegeinek összetételére. Vegard szerint még 100—150 km magasban is nitrogén van, részben kristályokba fagyott molekulák alakjában. Mac Lennan és Shrum kísérleteik alapján azt állítják, hogy e magasságokban még oxigén, kevés argon és sok hélium található. Ma még biztosat nem tudunk. Csak azt tudjuk, hogy a levegő fölfelé egyre ritkább lesz. Ritkulása annyira rohamos, hogy 30 km-en fölül az atmoszféra egész tömegének csak 4%-a foglal helyet. Ha egy köbcentiméter levegőben a Föld színén 27 trillió[1] molekula van, 10 km magasságban már 8 trillió, 100 km magasban 43 billió molekula található köbcentiméterenkint és 300 km magasan a föld színe fölött már csak 12 darab molekula lézengene egy köbcentiméterben, mint fáradt legyek az őszi hidegben... Az atmoszféra egyre

az oxigén abszolut mennyisége lesz csekély. 10 km magasságban már körülbelül 60-szor kellene lélekzetet vennünk percenkint, hogy a szükséges oxigén-mennyiség szervezetünkbe kerüljön. Magasrepüléseknél mesterséges oxigén-belégzéssel pótolják a levegőt.

[1] Egy másodpercenkint hatot ketyegő zsebórának 143 milliárd esztendeig kellene járnia egyfolytában, hogy ezt a számot kiketyeghesse.

ritkulva olyan észrevétlenül olvad bele a világűrbe, mint egy halkan, titkon elhaló sóhaj...

A gázok nagyrésze színtelen, láthatatlan. A légkör kék. Néha messze látni benne, máskor pár kilométer után tétován áll meg a messzibe fúródó tekintetünk a szürkésre változott levegő-fal előtt. Ha csak azok az alkotórészek lennének a légkörben, amelyekről eddig beszéltünk, bársony-fekete lenne az égboltozat és nappal is látszanának a csillagok. Hanem a levegő tele van apró, nagyrészt mikroszkópos terjedelmű szilárd alkotórészekkel. Ezek a kis utonállók a napsugarak elé libegnek, visszatartják, szétszórják őket. A szétszórt fényrezgések kékre, zöldesre, sárgára, vörösre festik az égboltozat alját.[1] Ha nagyon sok a por, bizonytalan szürkeszínű lesz az atmoszféra. Homokszemek a nagyon finom porig, csirasejtek, virágpormaradékok, égési termékek, nedvességszívó gázmolekulák, baktériumok alkotják az atmoszféra útonálló-bandáját, szennyező társadalmát.[2] Honnan kerülnek ezek a levegőbe? Legnagyobbrészük a Föld felszínéről, de vannak köztük olyanok is, amelyek nagyon messziről jöttek: a levegőben elégett meteorok porai. Ki tudja, merre jártak, amíg por alakjában csendesen, magasan úszó föld-lakók lettek? Hanem a durvább fickók, az ártalmasabb fajtája, a tömeg, az a földről jutott a magasba. A szél kavarta fel őket a földről és vitte föl a magasba, néha olyan magasra, ahol ember még sohasem járt. A testesebbek dicsősége nem soká tart: amint a szél ereje alábbhagy, szépen lehullanak megint a földre. Sokszor sokezer kilo-

[1] Bővebben l. a VII. fejezetben.

[2] Az esőképződésnél még találkozunk velük. Akkor nagyobb tisztelettel gondolunk majd rájuk.

méternyire onnan, ahonnan útrakeltek. A Szahara porát néha az északi sarkok felé telepíti le a szél. Vulkánok porát körülhordozza az egész földkerekségen, hetekig elhomályosítva vele az ég ragyogását.[1] Az egészen apró szervezetek felszállásához nem is kell valami goromba szél: ha a talaj erősen felmelegszik, a közelében levő levegőrétegek kitágulnak és a magukba szedett porral együtt fölemelkednek; minél erősebb a fölmelegedés, annál gyorsabban. Ezért van az, hogy hosszú, száraz meleg után szürkésre válik az ég színe: a légkör nyugtalan, fölfelé áramlik a levegő, zivatar lehet belőle.

A levegő porszemeinek száma tekintélyes. Ha néha bevetődik valami résen egy sugárkéve a szobába, megvilágítja a levegőben úszó porszemeket, láthatókká lesznek és mint apró csillagok sürögnek-forognak, keringenek ijesztő nagy számban. Különösen a városok levegője van velük tele. W. Schmidt mérései szerint Bécsben a város közepén harmadfél méter magasságban az utca fölött 4000 van egy köbmilliméterben. Egy 4 méter széles, 6 méter hosszú és 4 méter magas szobára tehát majdnem 400 billió porszem jut! Ha még gázláng is ég a szobában, számuk 1 óra alatt a 25—27-szeresére emelkedik. Budapesten, a II. kerületben 1917 okt. 10-én, élénk délkeleti szél mellett, 1 cm^3 levegőben 355 ezer volt a porszemek száma. Viszont a Tátrában (a szalóki csúcson, aug. 19-én) ugyanekkora térfogatban kb. 1200 porszemet talált dr. Réthly.[2] Vizek, rétek, magas hegyek fölött tisztább a levegő: néhány ezer

[1] Az Időjárás. 1919. 100. old. az 1915. aug. 18—20. vulkáni por vándorlásának leírása.

[2] Dr. Réthly, Adatok a Tátra és Bpest levegőjének portartalmához. Természettudományi Közlöny. 1919. 324. o.

porszem jut egy köbcentiméterre, sőt kedvező esetben csak néhány száz. Az eső és a hó megtisztítja tőlük a levegőt. A gőzalakból kiváló apró kis vízcseppek ezek köré a kis porszemek köré rakódnak, csapódnak le és lehozzák őket magukkal a földre. Ezen az alapon történik a megszámlálásuk is *Aitken* skót tudós módszerével. Aitken készülékében a megvizsgálandó levegő hirtelen kisebb nyomás alá kerül, kitágul, lehűl és a párák a benne levő porszemek köré, mint magok köré, lecsapódnak. A vízcseppecskék a mikroszkópnak négyzetmilliméterekre osztott tárgylemezére kerülnek, ahol megszámlálják őket. A csapadék levegőt tisztító hatására jellemzők azok a mérések, amelyeket Tissandier végzett Párizsban 1874 decemberében. A Párizsban esett első hó 0·212 gr, a második 0·148 gr, a harmadik már csak 0·016 gr szilárd részt tartalmazott literenkint.

Említettük már, hogy a levegőben úszó «por» nagyon vegyes társaság. Baktérium is van közte fölös számmal. Például a tüdőbajosok köpeteiben levő baktériumok beszáradás után a szelek szárnyán és a fölfelé irányuló légáramlatok hátán kelnek útra és — bár sokat megtépáz közülük a magas levegőrétegek hidege s főként a napnak fölfelé növekvőerejű kémiai sugárzása — mégis bőven jut belőlük a gyanútlan járókelők tüdejébe. Még a jégeső szemeiben is találtak életképes baktériumokat.

***

Ha a világítógáz csapját megnyitjuk, a kiengedett gáz elillan, szétoszlik. Molekulái mintha menekülnének egymástól. A gázgyárak acélfalú tartányokban őrzik meg az elszállástól. A kis gyerekek színes léggömbje, ha el-

szabadul, rögtön útnak indul: föl-föl a magasba és hamar eltűnik a síró szemek elől. Miért nem száll el az atmoszféra? Mi tartja fogva ezt a hatalmas gáztömeget? A légkör nines gazometerbe zárva; a szélei beleolvadnak a világűrbe. Ez igaz, de a kiengedett gáz sem szabadul el, csak szétterjed. Az elszabadult játéklégömb sem hagyja el a Föld birodalmát, csak fölszáll, mint a fenyőfadeszka a vízben, mert könnyebb. Sokkal hatalmasabb erő tart itt fogva mindent, semhogy egyetlen gázmolekula is *csak úgy szabadjára* elszökhetnék. Az az erő ez, amely minket is ide köt. Amely láthatatlan bilincsekkel tart láncon mindent: a súly, a gravitáció. A keze nagyon messze elér. Ugyanaz az erő ez, amely körbe kényszeríti a Holdat a Föld körül, összetartja az egész világegyetemet és megtartja pályájukon a bolygókat.

A levegő súlyát nem érezzük. Pedig minden négyzetcentiméterre egy kg-nál nagyobb súllyal nehezedik. Ebből egy felnőtt emberre kb. 165 métermázsa jut. Megszoktuk. Meg aztán széllel bélelt az ember: a belsejében is levegő van, mely a kívülről ható nyomást ellensúlyozza. Ha nagyon megnövekednék a levegő nyomása, a szívünknek több munkát kellene végeznie, hogy a vért az erekbe nyomja. Ha meg (pl. magas hegyeken) a légnyomás erősen csökken, a vérnyomás kívülről nem talál kellő ellensúlyozásra: a vér áttörheti a gyengébb véredények falát, orrvérzés vagy súlyosabb vérzések is állhatnak elő.

Az egész földet 5100 billió tonna erővel nyomja a légkör. Ha vízzel helyettesítenők, 10·33 m magasan borítaná az egész földet. Talán ez a szám nem nagyon imponáló, de mindjárt tekintélyesebb lesz, ha meggondoljuk, hogy ennyi víz elvezetése 100 méter széles 10 méter mély

téglalap keresztmetszetű csatornán, a víznek óránkint 100 km-es rohanása mellett is 120 esztendeig tartana. Vasból 650.000 köbkilométernek felel meg az atmoszféra súlya. Ennyi vasból az egész földgömb számára 132 és fél centiméter vastag acélpáncélt lehetne készíteni. Elég jól védene a hullócsillagok támadása ellen, de nagyon meleg lenne nyáron és megfagynánk alatta télen. A légkör mégis csak különb páncél nála. Hatásosan megvéd bennünket mindenféle idetévedt kóbor világroncs nekünkrohanása ellen: Egyszerűen izzóvá teszi őket a súrlódás erejével úgy, hogy mire leérnek a földre, a legtöbből nem marad egyéb egy kis hamunál vagy a múzeumokban is látható kisebb-nagyobb kő- vagy acéldarabnál. Mi lenne itt, ha egyszer a levegő-páncél fölmondaná a szolgálatot! Olyan pergőtüzet még a legedzettebb frontharcos sem látott, amilyennel a meteorok borítanák el a földet. Hát csak becsüljük meg az atmoszféra-vértet, jobban megfelel a céljának, mint az a nem is másfélméteres acélpáncél. Igaz, hogy vastagabb is egy kicsit. A szélei nagyon messze vesznek el a világtérbe. Ha mindenütt olyan sűrű lenne, mint tengerszín magasságban, akkor nem érne messzebb 8 km-nél. Fölfelé azonban rohamosan ritkább lesz, tehát jóval magasabbra ér. Sokféleképen próbálta megmérni az emberi szellem a terjedelmét. A lebukó nap már 16°-nyira süllyed a látóhatár alá, amikor még mindig visszaszóródnak sugarai a levegő magas rétegein. A számítások 63 km-ben adják meg ezt a magasságot. Nem itt van a légkör széle, hanem itt még mindig annyira jelentékeny, hogy visszaszórja a nap sugarait. 1885-ben észleltek először olyan magas felhőket, amelyek éjjel is világítottak. Geometriai módszerrel 83 km-nek találták a magasságukat. A levegőben

úszó vulkáni por felhőjének tartották őket. Jardetzky laboratóriumi kísérletekre támaszkodva azt állítja, hogy e magasságban 19% durranógáz[1] van, mely a napsugarak elektronjainak[2] hatására vízgőzzé, majd jégkristályokká alakul: ezekből a jégkristályokból lesznek a világító felhők. Az északi fénynek nevezett tünemény 1 km—200 km magasságban tűnik fel (közepesen 60 km).[3] A hullócsillagok 200—300 km magasban gyúlnak ki: tehát már azon túl is annyi levegőnek kell lennie, hogy a benne való súrlódás vagy a levegő összenyomódása következtében a meggyúláshoz elég meleg keletkezik. Holdfogyatkozás alkalmával a Hold fénye percekkel előbb kezd elhomályosodni, mintsem a szilárd Föld árnyéka érné: A napsugarak a légkörön átmenve, tetemesen meggyengülve érnek a Holdra. Ez alapon a számítások azt mutatják, hogy 300 km magas levegőréteg elég sűrű a fény egy részének észrevehető elnyeléséhez. Elméletileg ott van az atmoszféra határa, ahol a Föld vonzóereje egyenlő a forgás következtében föllépő és a testeket a forgás középpontjától távolítani igyekvő centrifugális erővel.[4] Ez a magasság a Föld középpontjától számított 42.000 km körül van.[5] Ha tehát ezen távolságon belül

[1] Oxigén és hidrogén keveréke, mely meggyújtva heves durranással vízzé egyesül.

[2] Az elektromosság legkisebb részecskéi.

[3] Störmer 1920-i mérései szerint 600 km.

[4] Ha zsinegre kötött tárgyat forgatunk, a kezünkön húzást érzünk. Ezt a centrifugális (= középponttól futó, eltávolító) erő okozza. Annál nagyobb, minél sebesebb a forgás és minél hosszabb a zsineg (= a forgási sugár). Ha állandó forgási sebesség mellett a zsineg hosszát növelnők, végül a centrifugális erő a zsineget elszakítaná.

[5] Összehasonlításul közöljük, hogy a Holdnak a Földtől való

van gázmolekula — nagyon kevés lehet — még beletartozik a Föld légkörébe. Ami ezen túl van, már nem a Föld birodalma.

***

Ez a hatalmas kiterjedésű, de folyton ritkuló gázfátyol olyan alakú lehet, mint a Föld maga: gömbölyű, a két sarkán belapult, az egyenlítőnél kidudorodó. Forgási ellipszoid. Száz-százötven kilométeren felüli része annyira elenyészően ritka, hogy a meteorológia tüneményeinek létrehozásában úgyszólván semmi része nincs. Ez a könnyű gázak öve. A 100 km-en alul levő réteg két részre oszlik, amelyek egymástól elütő természetűek és megkülönböztethető határfelület választja el őket egymástól. Az alsó a felhők öve, a troposzféra,[2] a meteorológiai jelenségek tulajdonképeni színhelye, a leghevesebb változások tere. 9—12 km magasságig nyúlik fel. Határa a földrajzi szélesség, éghajlat és hely szerint változik.[3] A felső réteg a sztratoszféra,[4] bár felhők benne nincsenek, változásai sem jelentékenyek, mégis hat a troposzféra tüneményeire.

A légkör tüneményeiben a következő meteorológiai elemek játszanak szerepet: hőmérséklet, légnyomás és levegőmozgás, párolgás, felhőzet és csapadék, légköri elektromosság és a levegőtenger fény-tüneményei. Egyenkint tesszük őket vizsgálat tárgyává.

középtávolsága 384.000 km. Az így számított határ azonban messzebbre is nyúlhat, mert a felső levegőrétegek már nem vesznek részt teljes mértékben a Föld forgásában.

[1] ὁ τρόπος = változás, fordulat. Eszerint a szó a változások övét jelenti.

[2] Az egyenlítőtől a sarkok felé csökken.

[3] ὁ στρατός = tábor, rakás, réteg.

III. A meleg.

Nem véletlen vagy szeszély, hogy erről beszélünk először. Ettől függ majdnem minden időjárási elem: légnyomás, szelek, párolgás, felhőzet, csapadék.

Forrása a Nap. A Földnek ugyan magának is van melege, hiszen belseje izzón folyékony láva, de ez a meleg a légkör *változásait* nem módosítja, csak nagyon kevéssel növeli a melegháztartás állandó készleteit.[1] Elenyésző csekély az a meleg is, amit az égés, kémiai változások (pl. állati élet, robbanások) termelnek. A Holdtól kapott meleg nagyon kicsiny, de még mérhető. Az a meleg, amit a többi égitest sugároz hozzánk, nem is számítható. Nem nagy hibát követünk el tehát, ha azt mondjuk, hogy az atmoszféra melegének forrása a Nap. Ez az a gigantikus gép, mely az időjárást mozgatja. Rettentő tömegével[2] magához láncolja a bolygókat, körbe kényszeríti maga körül, összetartja őket, mint a saját nyáját és elárasztja őket ragyogással, fénynyel, mozgással és élettel.

[1] Ez a meleg csak annyi, hogy a levegő hőmérséklete a Celsius fok 1—2 tizedével állandóan magasabb, mint nélküle volna.

[2] Tömege 700-szor nagyobb, mint az összes bolygóké együttvéve. Ha a Földet 1 grammos golyóval ábrázoljuk, a Napot ábrázoló golyónak 3 métermázsa 24 kg és 205 grammnak kellene lennie!

A meleget a Nap küldi hozzánk. Hihetetlen hosszú úton. A fénysugárnak is, amely pedig egy másodperc alatt hétszer tudná körülfutni a Földet, 8 perc kell, amíg ideér. A világűr elképzelhetetlenül dermesztő terein keresztül minden pillanatban újabb és újabb melegszállítmány érkezik hozzánk. De hiszen, ha hideg időben meleg levegőt vezetünk hosszú csöveken keresztül, úgy lehül pár száz méter után, hogy nem sok köszönet van abban a «meleg»-ben! És a Nap melegének útja nem is 16—22 fokos hidegen, hanem —273 fok körüli hőmérsékleten vezet keresztül! Csakhogy a Nap melege nem csöveken jut hozzánk, hanem mozgás, rezgés, sugárzás alakjában, a titokzatos, ismeretlen anyagnak, az éternek szárnyán.

A sugárzás útján érkezett melegszállítmányokon is meglátszik azonban a hosszú út hatása. A sugarak minden irányban szétoszlanak. Annál kevesebb jut belőlük egy négyzetméter területre, minél messzebb van a forrástól az a négyzetméter. És pedig ha 2-szer messzebb van, 4-szer kisebb, ha 5-ször messzebb, már 25-ször kisebb, ha 100-szor messzebb, már tízezerszer kevesebb meleg jut ugyanakkora területre. Ennek ellenére az egész Föld egy év alatt annyi meleget kap, amellyel meg lehetne olvasztani az egész Földet 72 méter vastagon beburkoló jégkérget. Pedig a Föld határába érkezett melegből az atmoszféra is elnyel egy részt, mielőtt a meleg a földre érne.[1] Ez az elnyelés nem egyformán ér mindenfajta rezgést.

Ha a nap sugarait üvegprizmán bocsátjuk keresztül,

[1] Az atmoszféra határához érkezett melegnek mintegy 40%-át.

a prizma nemcsak eltéríti a sugarakat irányuktól, hanem a fehér fényt alkotórészeire bontja, színekre teríti szét. Ez a színkép vagy spektrum. A színkép nagyjából a következő színeket tartalmazza: vörös, narancssárga, sárga, zöld, világoskék, sötétkék, ibolya. Nagyjából, mert ezeknek a színeknek igen sok árnyalata van. Az egyes színeknek nincs éles határa: észrevétlenül mennek át egymásba. Ez a spektrum látható része. Mert van láthatatlan része is: kettő, melyek úgy veszik közre kétoldalt, mint két szárny. Ha a vörös részből kiindulva érzékeny hőmérőt tartunk a spektrum meghoszabbítása irányában, egy csíkon a hőmérséklet emelkedik. A spektrum vörös szélén túl tehát olyan sugarak vannak, amelyek szemünkre ugyan nem hatnak, de hatnak a hőmérőre. Hősugarak. Infravörös sugaraknak hívják őket. A látható spektrumban a vörös sugaraktól kezdve a hőmérséklet csökken. Az ibolyaszínű sugarakon túl pedig hiába kutatunk hőmérővel. Ha azonban érzékeny fényképezőlemezt teszünk a spektrum ibolyafelőli meghosszabbításába, kimutatható a spektrum másik láthatatlan része: az ultraviola spektrum vagy ibolyántúli színkép is. Főként vegyi hatásokat létesít. Hatására a növényekben klorofil fejlődik, bőrünk alatt fekete festékanyag válik ki. A baktériumokat megöli.

Mai felfogásunk szerint a fény rezgés, amint rezgés a hő is, a mágnesség is, elektromosság is. Minél gyorsabban rezeg az ismeretlen anyag, az éter, annál inkább az ibolya felé hajlik a sugárzás, és minél lassabbak a rezgések, annál inkább eltolódik a színkép a vörös felé: a fénysugarakból hősugarak lesznek. Persze ezeket a szavakat, hogy gyors és lassú, nem a mi közlekedési viszonyaink méretei szerint kell elgondolni. A «lassabb»

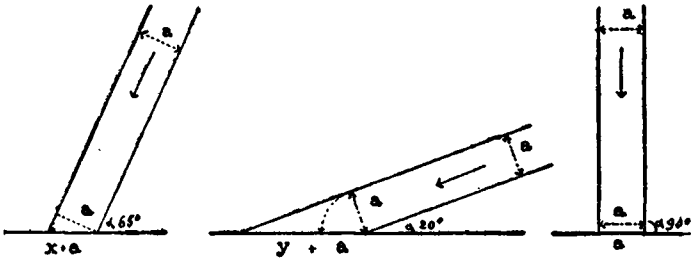
hősugarakban az éter 5 billió — 400 billió rezgést végez másodpercenkint. A látható sugarak rezgésszáma 400—750 billió, a kémiai sugaraké pedig 750 billió és 3000 billió közt változik. Minden színnek más rezgésszám felel meg. Annál több árnyalat van egy színben, minél többféle rezgést tartalmaz. A fehér fényben mindenfajta rezgés megvan, és azok tevődnek össze egy közös érzetté, a fehér fény érzetévé. A napsugarakban hőrezgések, fényrezgések és kémiai rezgések együtt érkeznek hozzánk.

Most már a levegő a Napból érkezett rezgések nem mindegyikét nyeli el, tartja vissza egyformán. Az ibolya- és ultraibolya-sugarakból sokat, a hősugarakból kevesebbet. Minél magasabban van tehát valamely hely a tenger színe fölött, annál teljesebb ott a nap sugárzása. Innen van a magaslati gyógyhelyek jelentősége. Magas helyeken ugyanis nemcsak a levegő tisztább portól és baktériumoktól (amelyek különben szintén derekasan kiveszik részüket a sugárzás egy részének visszatartásában), hanem az ultraviola-sugarak hatása is tetemesen nagyobb, mint alantabb fekvő helyeken.[1]

A levegő tehát úgy bocsátja át a nap sugarait, hogy maga alig melegszik tőlük valamelyest. A sugarak alakjában érkezett meleg jórésze a föld felületére jut és azt felmelegíti. Ez a fölmelegítés úgy történik, hogy a föld felülete a ráeső napsugarakat elnyeli, magába

[1] Az ablaküveg még azt a kevés ultraibolya-sugárzást is elnyeli, amit a levegőréteg átengedett. Ezért — ha a napsugarak fertőtlenítő hatását fel akarjuk használni — nyitott ablakokon és ajtókon kell bebocsátanunk a napsugarakat a szobába. Az ablakon keresztül vett napfürdő nem sokat ér, csak hősugarakat kapunk.

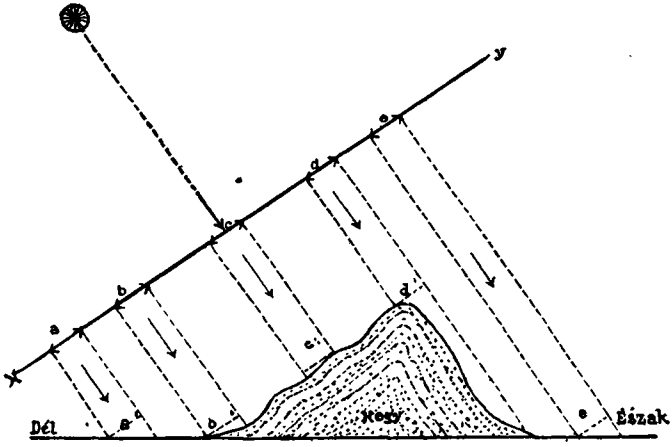
fogadja, elraktározza, apró részecskéi a napsugarak nyilazása hatására szintén rezegni kezdenek, megmelegszenek. A sugárzásból elnyelt meleg nagyságáról érezhetően meggyőződhetünk, ha kályha vagy kazán nyitott ajtaja közelébe tartjuk kezünket: a kisugárzó meleg elviselhetetlen. Pedig a levegő közel se mutat ilyen magas hőmérsékletet: átengedi a hősugarakat anélkül, hogy maga megmelegednék.



1. ábra. A napsugarak melegének eloszlása a beesés különböző irányai szerint.

A felszín megmelegedése nem egyformán történik. A fölmelegedés sok mindentől függ. Minél meredekebben esnek a sugarak egy felületre, annál erősebb a felület felmelegedése, mert annál több sugár jut ugyanabból a sugárnyalábból egy négyzetcentiméter felületre. Ha a sugarak ferdén esnek a felületre, nagy területen oszlik szét a melegük, tehát kevesebb meleg jut egy négyzetcentiméterre (1. ábra). Ebből aztán az következik, hogy az egyenlítőnél több meleg jut ugyanakkora felületre, mint a sarkok felé; délben mindenütt több, mint a nap más szakában. A keletnek forduló hegyoldal előbb fölmelegszik, mint a vízszintes sík, a nyugatnak forduló később.

Az északi félgömbön a hegy déli lankás lejtőjére több meleg jut, mint a síkságra, mert nálunk a nap délben sem áll a fejünk fölött, hanem kissé délre (télen nagyon is délre) jár. Azok a délnek lejtő hegyoldalak kapnak legtöbb sugárzott meleget, amelyeknek hajlásszöge a Nap magasságához számítva 90°-ot ad. Az ilyen lejtők



2. ábra. A napsugárzás eloszlása a hegyek lejtőin.

különösen meleget kedvelő növények számára alkalmasak. Viszont az északi lejtők kevés vagy semmi sugárzó meleget nem kapnak. (2. ábra.)

Lényeges különbség van a vizek és a szárazföldek fölmelegedése között, aminek az időjárás és éghajlat kialakulásában egyaránt döntő a fontossága. A szilárd talajok sugárzást elnyelő képessége nagyobb, mint a vizeké, amelyek valamivel több sugarat vernek vissza, mint a szárazföldek. Ugyanazon idő alatt és

egyenlő körülmények között tehát a szilárd kéreg valamivel több meleget kap, mint a vízfelület felső rétege. Ez a különbség aztán a felszínre besugárzott meleg tovaterjedésében is jelentkezik. A meleg ugyanis bizonyos mélységig behatol a talajba. (Talajon itt nemcsak a szilárd talajokat értjük, hanem a vizeket is.) A meleg ugyanis a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb fokú hely felé terjed. Besugárzás, hőelnyelés útján a szárazföldeknek is, vizeknek is csak egy vékony felső rétege melegszik át. A melegnek mélyebb rétegekbe való átterjedése a szárazföldeknél vezetés útján történik, a vizeknél pedig kisebb részben vezetés, túlnyomórészben azonban áramlás útján megy végbe. Hővezetésnél a meleg egyik részecskéről a szomszédos, érintkező részecskére megy át. Igy melegszik meg például a vaspálca, amelynek végét tűzbe tartjuk. A szárazföldekben ilyenformán a meleg gyorsabban terjed, de kisebb mélységekig hatol. — A vizek főként áramlás útján melegszenek. A felmelegedett vízrészek elmozdulnak helyükből. Alacsonyabb hőfokú vízrészeknek adják át helyüket, hogy azok melegedjenek tovább. Ilyen módon a meleg lassabban terjed, de vastagabb rétegeket hat át. A vízben a felmelegedés mélyebbre hatol, mint a szilárd talajban, de a vizek lassabban melegszenek, mint a szárazföldek.

A vizek lassabb melegedésének más oka is van. A vizeknek körülbelül kétszerannyi melegre van szükségük, hogy hőfokuk ugyanakkorára növekedjék, mint a szilárd talajoké. Tehát, ha ugyanannyi meleget nyelnek el, csak feleannyinál valamivel többre melegszenek, mint a szilárd talajok. (Felénél többre, mert a talajok is többkevesebb vizet tartalmaznak.) A vizek tehát a napsuga-

raktól nemcsak lassabban melegszenek, de hőfokuk nem is emelkedik olyan magasra, mint a szárazföldeké. Ebben a vizek párolgásának is van része, mert a párolgás melegelvonással jár. (Ez azonban csekély különbséget létesít, mivel a szárazföldeket fedő növényzet párolgása jórészt kiegyenlíti.)

A szárazföldek és vizek fölmelegedésének különbözőségét tehát ezekben foglalhatjuk össze: 1. a vizek lassabban melegszenek, mint a szárazföldek; 2. bennük a meleg mélyebbre hatol, mint a szilárd kéregben; 3. egyenlő besugárzás esetén is hőfokuk alacsonyabb, mint a szárazföldeké.

A szárazföldek fölmelegedése sem egyforma. Anyaguk minősége, színe, víztartalma szabja meg hőelnyelőképességüket és fölmelegedésüket. A gránit belsejében erősebben fölmelegszik a homoknál (de a homok a felszínén melegebb, mint a gránit); a fekete homok melegebb lesz, mint a világos[1]; a nedves talaj hűvösebb a száraznál.

A Föld a felszínére jutott meleget nem raktározza mind el. Rettenetes vége lenne az ilyen oktalan gazdálkodásnak, az egész Föld elégne a Naptól kapott folyton fokozódó, egyre gyarapodó meleg következtében. A felszín a sugarak egy részét visszaveri, más részét befogadja, de aztán az atmoszférán keresztül visszasugározza a világűrbe, ismét más részét a légkör fölmelegítésére adja át. A kisugárzó melegből egy részt megint elnyel a légkör, nagyobb része azonban a világtér rettentő hidegében oszlik el. Rezgések alakjában vándorol,

[1] A sötétszínű ruha napsütésben melegebb, mint a világosszínű.

amíg valahol megint bele nem ütközik valami égitestbe, de akkorra úgy eloszlik, úgy elgyöngül, hogy hatása semmivel határos.

A kisugárzásban a talajoknak csak vékony felső rétege vesz részt. A kisugárzás mértéke elsősorban attól függ, mekkora a felszín hőmérséklete, de nagy mértékben módosítja a kisugárzó talaj minősége is. Minél nagyobb a felszín hőfoka, annál erősebb a kisugárzás. A szilárd talajok felszíne magasabb hőfokra melegszik, tehát kisugárzásuk is nagyobb.

A talajok lehűlését az is befolyásolja, milyen gyorsan terjed bennük a meleg. Amint ugyanis a felső réteg lehűlt, alulról vezetés vagy áramlás útján a meleg visszaindul a felszín felé. Mivel az áramlással az elraktározott meleg lassabban kerül vissza a felszínre, mint vezetéssel, azért a szilárd talajok, szárazföldek kihűlése is gyorsabban megy végbe, mint a vizeké, tengereké. Kisugárzással a szárazföldek több meleget veszítenek ugyanannyi idő alatt, mint a tengerek.[1]

Ha felhők takarják az eget, a kisugárzás — és a vele járó lehűlés — kisebb, mert a felhők a kisugárzott meleget újra visszasugározzák a föld felé. Ezért hűlhet ki derült éjjel annyira a föld (és levegő is) és ezért enyhébb az éjtszakai lehűlés, ha felhős az ég, borús az idő.

A levegő felmelegedése nem közvetlenül sugárzás útján, hanem közvetve a föld színéről történik. A föld színével érintkező levegőtömegek átveszik a föld melegét, megmelegedve kitágulnak, könnyebbek lesznek, fölemelkednek és helyüket nehezebb, hidegebb levegő-

[1] Akik fürödtek már reggel szabadban, tapasztalhatták, mennyire föltűnően melegebb a víz, mint a levegő.

tömegek foglalják el, aztán ezeknek melegedése elülről kezdődik. A levegő fölmelegedése tehát nem sugárzás révén történik,[1] a vezetésnek is nagyon csekély része van benne. A különböző mértékben fölmelegedett kis levegőtömbök fel- és leszállanak, a felszíntől megmelegedett levegőtömegek kicserélődnek más, hidegebb levegőtömegekkel. Ezt az áramlást, tömegkicserélődést a levegő kisebb-nagyobb örvénylései siettetik.[2] Természetes, hogy ez a tömegkicserélődés útján történő fölmelegedés az atmoszférának csak egy alul fekvő rétegére hat: a troposzférára. A napi felmelegedés kb. 1000 méterig hat. Az évi hőmérsékleti ingadozás a sztratoszféra határáig terjed.

A levegőben tehát fölszálló légáramlások szállítják a föld színétől kapott meleget. Az ilyen melegedés vízzel szemléltethető. A vízbe fűrészport szórunk és az edény alját melegítjük: a megmelegedett víz fölemelkedik, helyét hidegebb foglalja el. A fel- és leszálló áramokat a fűrészpor mozgása jelzi.

A levegő fölmelegedése a talaj felszínének hőfokától és hőátadóképességétől függ. A szárazulatok felszíne — egyenlő besugárzás esetén — magasabb hőfokú, mint a vízé, az elvezetett meleget is gyorsabban pótolják a szilárd talajok, mint a vizek, melyeknél

[1] Csak a felsőbb levegőrétegek melegítésében van része a sugárzásnak: a napsugárzásnak a légkörben szenvedett 40%-os vesztesége részben erre használódik föl.

[2] A levegő hőmérséklete és a besugárzás útján elnyelt meleg élesen különböznek egymástól. A besugárzott meleg függ az anyagtól, amely elnyeli. Ezért értelmetlen dolog azt mondani, hogy *napon* ennyi és ennyi fok volt a meleg. Nem a levegő hőmérsékletét mértük, hanem azt, amennyire az elnyelt meleg emelte a hőmérőnk gömbjének hőmérsékletét.

a mélyre hatolt áramlás lassabban pótolja a felszín melegveszteségét, azért a szárazföldek fölött a levegő gyorsabban és erősebben fölmelegszik, mint a vizek fölött. Mivel azonban a szárazföldek gyorsabban is vesztik el melegüket, erősebben és gyorsabban lehűlnek a vizeknél, fölöttük a levegő is gyorsabban lehűl, mint a vizek fölött. A vizek felszínére jutott melegnek mintegy 1%-a, a szárazföldek fölött pedig 30—50%-a jut konvektiv áramlás útján a levegőbe.[1]

A meleg eloszlása a Földön nagyon különböző. Különböző először időben, minek következményei az évszakok. Nyáron a Nap magasan jár az égen: tehát sugarai meredekebben esnek a földre, nagyobb a besugárzás és így a fölmelegedés. Ehhez járul, hogy a nappalok hosszabbak az éjtszakánál (magasabban jár a Nap az égen, hosszabb ívet ír le, több ideig tart az útja), tehát hosszabb az az idő, mely alatt a besugárzás felülmúlja a kisugárzást[2]: meleg évszak. Télen ellenkezően áll a dolog, a Nap mélyen jár az égen, sugarai ferdén esnek, kevésbbé melegítenek; az éjtszakák hosszabbak a nappaloknál, tehát a kisugárzás következtében több a hőkiadás a nappali hőbevételnél: hőcsökkenés, hideg évszak. A kettőt összeköti a két átmeneti évszak: a tavasz és az ősz. Egy napon belül is változó a hőmérséklet ugyanazon helyen: napkelte körül van a leghidegebb. Napkelte után a hőmérséklet emelkedik és a koradélutáni órákban éri el legmagasabb értékét, azután csökken.

[1] Réthy, Körültekintés a meteorológiában. Zsebatlasz 1924. 127—128. o. L. még Róna, Az Időjárás, 1922. 45—49. o. és 61—65. o.

[2] A kisugárzás állandóan tart, tehát nappal is, napsütés közben is, csak ilyenkor a besugárzás felülmúlja, nagyobb nála.

Változik a melegeloszlás térben is, elsősorban a Nap járása miatt. Az egyenlítőhöz közel magasan jár a Nap az égen, onnan az északi sark felé közeledve, egyre mélyebb a járása: az egyenlítőnél levő vidékek több meleget kapnak, mint az északabbra fekvők. (Ugyanezek a megfontolások érvényesek a déli félgömbre is, azzal a megjegyzéssel, hogy amikor nálunk tél van, a déli glóbuson nyár van és viszont.)

Azonban a meleg térbeli eloszlását nem tisztán a földfelület görbülete adja meg. Ha így lenne, akkor a melegeloszlás követné a szélességi köröket. Pedig nem így van. A szárazföldek nyáron melegebbek, mint a vizek. Télen viszont az óceánok fölött enyhébb az idő, mint a kontinensek fölött. Míg Nápolyban (tengeri éghajlat) jóformán ismeretlen a hó, addig a vele egy szélességi körön fekvő Pekingben csikorgó hideg telek vannak.

A legnagyobb meleget eddig a Tripolisztól 40 km-re délre fekvő Aziziában mérték 1922 szept. 13-án: 58·0° C-ot. Az előző «rekord» a kaliforniai Halál-völgyéé volt 1913 július 10-én: 56·6° C. (Nálunk kivételes hőségek alkalmával a hőmérséklet eléri a 40° C-t. A legnagyobb hideg 1888 január 2-án volt: Árvaváralján —36·7.) A Föld leghidegebb lakott helye Verchojanszk (Szibéria) —68 fok Celsius hideggel.

Ha a térképen azokat a helyeket, ahol a hőmérséklet valamely időpontban egyenlő, folytonos vonallal összekötjük, az ú. n. izotermás-vonalakat kapjuk.

Ilyen izotermás-vonalak szerkeszthetők a napi, havi és évi középhőmérsékletekről is.[1] Hasznuk az, hogy

[1] Ha a napi 3-szori hőmérő-leolvasás adatainak összegét 3-mal elosztjuk, a napi középhőmérsékletet kapjuk. A havi középhőmérsékletet úgy kapjuk, ha a hónap minden napjának közép-

szemléletesen tüntetik föl a hőmérséklet eloszlását. Segítségükkel könnyebb áttekintést szerezni, mint a számadatokból.

Mivel a levegő alulról melegszik föl, ezért hőmérséklete fölfelé csökken.[1] A csökkenés mértéke, a hőmérsékleti grádiens azt mondja meg, hány fokkal csökken a hőmérséklet, ha 100 métert emelkedünk. A hőmérsékleti grádiens értéke közepesen 0·65° Celsius,[2] egyébként különböző lehet és épen ez szabja meg a levegő egyensúly-állapotát. Ennek a megismeréséhez a levegő természetét kell kissé szemügyre vennünk. A levegő gáz, mely kitágulva lehűl, összenyomva megmelegszik. Tágulása fölemelkedéssel is bekövetkezik: Ha fölemelkedik kevesebb levegő nyomja, hát kinyujtózkodik, kitágul és ezért lehűl. Viszont ha magasból leszáll, nagyobb nyomás alá kerül (mert több levegő kerül föléje), összehúzódik és ezért megmelegszik. Ha száraz levegőt 100 méter magasra emelünk, hőmérséklete tágulás miatt 1°-kal süllyed. Ha 100 métert süllyesztjük, 1°-ot melegszik. (Ha közben a levegőből a párák felhő vagy köd alakjában kicsapódnak, a lehűlés kevesebb lesz 1°-nál, mert a lecsapódásnál meleg keletkezik, mely a levegőbe kerül és lehűlését csökkenti.) A hőmérsékleti grádiens értéke szabja meg a levegő egyensúlyát. Ha e grádiens 1° Celsiusnál kevesebb (ez általában a túlnyomó eset), akkor a levegő stabilis, biztos

hőmérsékletét összeadjuk és ez összeget a hónap napjainak számával elosztjuk. Hasonlóan nyerjük az évi középhőmérsékletet is.

[1] A sztratoszférában, ahol a sugárzás szabja meg a levegő hőmérsékletét és nem a konvekció (tömegkicserélődés), a hőmérséklet állandó, esetleg fölfele növekszik is.

[2] «Normális nemzetközi atmoszféra» l. Az Időjárás 1925. 118. o.

egyensúlyban van, mint a jól felfüggesztett kép: helyéből kimozdítva eredeti helyére tér vissza. Nézzük ugyanis, mi történik ez esetben a fölemelt vagy lesüllyesztett levegőtömegekkel. Ha egy 20 fokos levegőtömeget 100 méterrel fölemelünk, lehűl 19 fokra. Ámde a hőmérsékleti grádiens kisebb 1-nél, tehát a fölemelt levegő környezeténél hidegebb lesz: le fog szállni eredeti helyére. Ha viszont pl. 200 m magasból — ahol a hőmérséklet (ha a hőmérsékleti grádienst pl. 0·5° C-nak vesszük) 19 fok, száz méterrel süllyesztünk egy levegőtömböt, fölmelegszik egy fokkal, azaz hőmérséklete 100 m magasban 20 fok lesz. Ámde környezete csak 19 és fél fok, minek következtében könnyebb lévén környezeténél, visszaemelkedik eredeti helyére. Stabilis egyensúly esetén tehát a levegőtömegek függőleges mozgása nagy nehézségekbe ütközik.

Ha a függőleges hőmérsékleti grádiens épen 1 C fok, akkor a levegő egyensúly-állapota közömbös, indifferens, mint a tengelyén forgatható kocsikeréké: minden helyzetben nyugalomban marad. Ha ugyanis ezen hőmérsékleti eloszlás mellett levegőtömegeket emelünk vagy süllyesztünk, hőmérsékletük mindenütt egyenlő lesz a környezetükével, tehát helyükön maradnak.

Lehet a levegő egyensúlya olyan is, mint az élére állított késé: bizonytalan, labilis. Ez a helyzet csak lokális és átmeneti lehet. Heves lefolyású tüneményekkel (gyors felhőképződés, zivataros esőzés) jár. Rögtön megértjük, miért. Ha a hőmérsékleti grádiens fölfelé több, mint egy fok — ami a talajmenti levegőrétegek rohamos fölmelegedésének lehet következménye — például 1·5° C, akkor a 100 m-rel fölemelt levegőtömeg (20° C volt a földön), hőmérséklete 19 fok, környezetéé

18·5, tehát környezeténél félfokkal melegebb: följebb száll. Nem is kell tovább emelni, megy magától. 200 m magasban már egy fokkal, 300 méteren másfél fokkal melegebb a környezeténél. Minél nagyobb hőmérséklete a környezetéhez képest, annál jobban rohan fölfelé mindaddig, míg csak a labilis hőmérsékleti eloszlás tart. Mivel a párák kicsapódása a lehülést még csökkenti, a fölfelé rohanó levegőtömeg és környezete közt a hőmérséklet különbsége még nagyobb lesz, míg végre a halomra tornyosúló felhő beleüti fejét annak a levegőrétegnek határába, ahol véget ér a labilis állapot, a hőmérséklet csökkenése lassúbb, esetleg a hőmérséklet nagyobb is, mint az alsó szomszédos rétegekben: itt aztán szétterül a felhő feje. Lesz belőle tipikus felhősátor, cirrusz-koszorú a zivatarfelhő homloka fölé terítve.

A levegő hőmérséklete tehát fölfelé nem mindenütt egyenlő mértékben változik. Lehetséges, hogy a hőmérséklet fölfelé nem süllyed, hanem változatlan, sőt emelkedik. Ilyen eset lehet például télidőben hegyvidékeken: A hegy ormát éri a napsugárzás, a völgyet köd borítja. A hegyen magasabb lesz a hőmérséklet, mint lent, annál is inkább, mert a nehezebb hideg levegő a völgybe folyik össze. Az ilyen hőmérsékleti eloszlást inverziónak, vagy ha a hőmérséklet fölfelé állandó, izotermiának nevezzük. Az ilyen inverziók nagyfokú stabilitással járnak. Például a völgyből nehezen távozik a hideg levegő, sokáig megreked. Az izotermiás és inverziós levegőrétegek egymástól nemcsak hőmérsékletben, hanem sűrűségben esetleg áramlási viszonyokban és nedvességben is különböznek. Réteg választja el őket, amelynek két oldalán különböző természetű levegőrétegek vannak. Egymás fölött több ilyen réteg is lehet.

Az egész légkörnek van egy ilyen réteghatára, mely — a helyi és időszakhoz kötött inverzióktól különbözően — állandó jellegű inverzió határa: a troposzféra és sztratoszféra választófelülete. Negyedszázada mutatták ki az aerológiai kutatások alapján.[1] A hőmérsékleti grádiens 3 km magasságig körülbelül 0·4° C, onnan 10 km-ig 0·6—0·8° C, 11 km-en felül megszűnik a hőmérséklet csökkenése. Itt van a sztratoszféra határa. A hőmérséklet a sztratoszférában vagy állandó vagy kisebb melegedések és hűlések váltogatják egymást. A sztratoszféra határán a hőmérséklet átlagban —55° C. Az egyenlítőnél a határfelület 17—18 km magas, nálunk 11 km-nél, a sarkoknál 7 km-nél kezdődik. Hogy meddig tart ez a felső inverzió, nem tudjuk. Berget szerint csak 10 km vastag a sztratoszféra; onnan kezdve a hőmérséklet egyenletesen csökken az abszolut 0 fok (—273) felé. Mások, mint pl. Wegener, nem tartják valószínűnek az inverzió megszűnését. Gutenberg szerint 40 km magasban 0°, 50 km 20°, 60 km-nél 40° a hőmérséklet. Lindemann úgy véli, hogy 60 km.-en felül akkora a hőmérséklet, mint a földön. Viszont Vegard azt tartja, hogy 80—100 km-en felül —210° alatt van a hőmérséklet. A hőmérséklet emelkedését magas rétegekben Petersen, Birkenlandnak a mágneses viharokra vonatkozó vizsgálatai alapján, a mágneses viharoktól nyert meleggel magyarázza. A kérdést egyelőre homály takarja.

[1] L. Az Időjárás, 1928. 9—13. o.

IV. Légnyomás. Szelek.

A kezünkre tett kődarab nyomja a kezünket, mert vozza a Föld, súlya van. Az edénybe öntött víz is nyomja az edény fenekét. A levegő is test — ha ritkább is a kőnél meg a víznél — a levegőt is vonzza a Föld, a levegőoszlopnak is van súlya, nyomja az alája tett lapot. A lapon e nyomás nem látszik, mert mindkét oldalát egyformán nyomja a levegő. Ha azonban a lappal (akár 1—2 mm vastag üveglap is lehet) lefedünk egy légszivattyúra tett hengert és a levegőt a hengerből kiszivattyúzzuk, a levegő egyoldalú nyomása beszakítja az üveglemezt. Ugyanez a nyomás átsajtolja a higanyt a vékony falemezen. A levegőoszlopnak tekintélyes súlya van. A levegőoszlop súlyát nem lehet úgy mérni, mint a húsét vagy a lisztét, mert a mérleg mindakét tányérját egyformán nyomja. Másfajta mérleget kell számára szerkesztenünk: Öntsünk mindkét végén nyitott U-alakú üvegcsőbe higanyt. A higany mindkét szárban egyenlő magas, mert mindkét felszínre egyenlő nyomás, az atmoszféra nyomása nehezedik. Ha az egyik szárba a higany fölé pl. vizet töltünk, a másik szárban a higany fölemelkedik. Annyival emelkedik, amennyi higanynak súlya egyenlő a másik szárba öntött víz súlyával (nyomásával). Ebben az U-alakú csőben pontos mérleget találtunk, mely alkalmas a légkör nyomásának mérésére is. Csak előbb az egyik szár higanyszínéről a levegőt le kell venni,

amint a mérleg csészéjéről a súlyt levesszük. Ez első tekintetre nehéz feladatnak látszik, pedig megvalósítható. Evégből az üvegcsövön kis módosítást csinálunk. Egyik szárát egy méter hosszúra készítjük és a végére jól záró üvegcsapot szerelünk. A másik cső csak mintegy 5—10 cm marad, de egyenlőre egy méternél hosszabb gumicsővel megtoldjuk. Ha most a csapot kinyitva, a gumitömlőn keresztül higanyt öntünk a csőbe, a higany a hosszabb üvegcsőben is addig emelkedik, míg végre a csapba is bejut. Ekkor a levegőt a higany kiszorította. Ha most a csapot elzárjuk, a levegőt a mérlegünk egyik csészéjéről levettük. Csak a másik «csészére» nehezedik levegő. Most a gumicsőben levő higanyt leöntjük és a gumicsövet az üvegről levesszük, sőt a rövidebb üvegcsőből is leöntünk egy kevés higanyt. A zárt csőből a higany nem száll le olyan mélyre, mint a nyitott csőben van, hanem mintegy 76 cm magasan a nyitott cső higanyának nivója fölött megállapodik. Az atmoszféra nyomása 76 cm magas higanyoszlop nyomásával egyenlő. Ezt a most nyert «mérleget» barométernek vagy légsúlymérőnek nevezzük. Ha az üvegcső mellé milliméterskálát teszünk, vagy ezt a hosszabb üvegcsőre rávéssük, jól használható barométert kapunk, az ú. n. U-alakú barométert. A légkör nyomását úgy mérjük vele, hogy leolvassuk, milyen hosszú, hány milliméter a higanyoszlop a nyitott szár higanyfelszínétől a zárt cső higanyfelszínéig. A nyitott csövet be is dughatjuk olyan dugóval, amelyen egy tűszúrásnyi finom nyílás van. Ez a nyílás elég a levegő behatolására. A higanyt pedig megvédjük vele a portól.

Ha a higany nivója nem változnék barométerünk szárában, nyugodtan napirendre térhetnénk a légkör

nyomása fölött. Azonban a higanyoszlop magassága nagyon rövid ideig marad állandó: az atmoszféra nyomása változik. Különbözik térben és változik időben. Változásainak okai különbözők. Ha barométerünket a földszintről 10 méterrel magasabbra visszük, a higanyoszlop magassága körülbelül egy milliméterrel csökken. A levegő nyomása függőlegesen fölfelé kisebb, mert hiszen minél magasabbra megyünk, annál rövidebb levegőoszlop nyomja a barométer higanyfelületét. Hozzá ez a rövidebb levegőoszlop fölfelé egyre ritkább, tehát könnyebb is.[1] Az egyes helyek különböző magasságban vannak a tengerszíne felett. Ezért, hogy a légnyomás értékeit össze lehessen hasonlítani, a különböző magasságokban mért nyomást a tengerszínére számítjuk át. Redukáljuk. Például, ha 20° Celsius mellett 120 méter magasban a tengerszíne fölött 748·9 mm a légnyomás, ugyanitt tengerszínen 14·1 mm-rel több, azaz 763 mm a redukált légnyomás.[2] — A légnyomás változására a levegő hőmérséklete se közömbös. Hideg levegő sűrűbb és nehezebb, melegebb levegő ritkább és könnyebb. Ezért kell már a tengerszínre redukálásnál is a levegő hőfokát számításba venni. — A testek súlyának oka a föld vonzása, a gravitáció. A gravitáció a föld középpontjától távolodva

[1] A barométert magasságmérésre is lehet használni. A többféle barométeres magasság-formula körül a Babinet-féle aránylag egyszerű és jól használható:

$$M = 16000 \left[1 + 0{\cdot}002\ (t_a + t_f)\frac{B_f - B_a}{B_f + B_a}\right] \text{ méter, ahol}$$

t_a = az alsó, t_f = a felső } helyen a hőmérséklet; B_a = alul, B_f = felül } a barométernyomás.

[2] A redukció-táblázatokból olvasható ki, de kiszámítható a barométeres magasság-képletből is.

csökken és pedig 2-szer nagyobb távolságban 4-szer, 3-szor nagyobb távolságban 9-szer kisebb stb. Mivel pedig az egyenlítőn levő helyek a földnek forgás következtében történt kidudorodása miatt messzebb vannak a a föld középpontjától, mint a sarkokhoz közelebb fekvő helyek, azért az egyenlítőn kisebb erővel vonzza a föld a levegőt is, mint pl. 45° szélesség alatt, vagy pláne a sarkoknál[1] A levegő nyomását — megint könnyebb összehasonlítás céljából — a 45° szélességre szokás átszámítani (redukálni). Ez a javítás kicsiny. Pl a 40° szélességen a tengerszínre átszámított 760 mm nyomásból e címen 0·34 mm-t kell levonni. (Ez a korrekció is táblázatokban található.)[2] — Vannak még kisebb okok, amelyek a légnyomást módosíthatják, de ezeknek hatása egyrészt igen rövid ideig tart, másrészt csak a milliméternyomás tizedrészeire terjed. Igy hirtelen felmelegedés esetén a levegő és a benne levő vízgőzöknek feszítőereje megnövekszik és növeli a légnyomást is. Viszont a párák hirtelen lecsapódására csökken a feszítőerő, de a párák feszítőerejének csökkenésével járó légnyomáscsökkenést a kicsapódással keletkezett víz súlya kiegyenlíti. Mindkét hatás igen rövid ideig tart és csekély. A felhőkben úszó víztömegek, a levegőben levő szilárd idegen anyagok is növelik a levegőoszlop súlyát, de mindkettő hatása kicsiny.[3]

[1] Az egyenlítőnél a centrifugális erő is legtöbbet leront a Föld vonzásából.

[2] Ha már a korrekcióknál tartunk, azt is megjegyezzük, hogy a hőmérséklettel a higanyoszlop hossza is változik: melegben megnyúlik, hidegben megrövidül. Ezért mindig átszámítjuk, milyen hosszú volna a higanyoszlop 0° Celsiusnál. Erre a célra is külön redukciós tábla szolgál.

[3] Fizika-könyvekben is olvasható, hogy a barométer esésé-

Észrevehető hatásként jelentkezik a szilárd anyagok levegőben való jelenléte a levegő lefelé ereszkedésekor. Igy Sandström szerint a havat fölkavart levegő a hegyoldalon viharszerűen zuhan le tisztán a benne lebegő hó miatt.

A légnyomás értéke szabályos napi és évi ingadozásokat mutat, melyeket az örökké változó időjárás szabálytalan légnyomásváltozásai tarkítanak és zavarnak. A mi szélességeink táján mutat az időjárás legnagyobb változatosságot. Ennek következtében a légnyomás szabályos, napi hullámszerű ingadozása nem annyira szembetűnő, mint a trópusokon. Mindamellett többéves átlagokból nálunk is világosan kimutatható. Ez a napi légnyomáshullámzás abban nyilvánul, hogy reggel 4 óra tájtól kezdve a légnyomás hullámszerűen emelkedik d. e. 10 óráig. aztán süllyed d. u. 4-ig, amikor újra emelkedni kezd éjjel 10 óráig. Budapesten a napi ingadozás nagysága 8—9 *tized* milliméter.[1] E légnyomás-hullámzás oka végeredményben a levegő napi fölmelegedésének változása, de ezen változás belső mechanizmusára és közelebbi törvényeire csak hipotéziseink vannak. A légnyomás évi menetében is hasonló változás észlelhető. Nálunk január közepes légnyomása a legmagasabb és áprilisé a legalacsonyabb. Januártól áprilisig a légnyomás egy hónapra számított középértéke fogy, onnan kezdve januárig növekszik. Tehát a légnyomás értékei évenkint is hullámszerűen változnak

ből azért lehet esőre következtetni, mert a vízgőzök kicsapódásával a feszítő erő és vele a légnyomás is csökken. Ez az állítás a fentiek szerint téves.

[1] L. Az Időjárás. 1925. 110. old. Steiner, A légnyomás napi ingadozása.

A légnyomás változásainak okai a vízszintesben mutatkozó hőmérsékleti különbségek, amelyeket az alap (földfelszín) különböző felmelegedése okoz. Ez adja meg a légnyomás földrajzi eloszlásának magyarázatát is. Télen a szárazföldek fölött a levegő jobban lehűl. A hideg levegő sűrűbb és nehezebb. Télen tehát a magas légnyomás a kontinensek fölött helyezkedik el, míg a tengerek fölött melegebb a levegő, kisebb a légnyomás.

Nyáron a helyzet fordított: a szárazföldek erősen fölmelegszenek, a fölöttük levő levegő kitágul, ritkább lesz, nyomása kisebb, alacsonyabb. A tenger víze viszont relatíve hűvösebb, a fölöttük levő levegő is sűrűbb, nehezebb

A légnyomás értékei meglehetősen nagy határok között változnak. A legmagasabb légnyomást 1900 jan. 23-án észlelték Barnaulban Nyugat-Szibériában, amikor is a redukált barométernyomás 808·7 mm volt. Megközelíti az Irkuck-ban 1896-ban mért 808·4 mm-es nyomás. Hazánkban Árvaváralja viszi a rekordot az 1882 jan. 16-i 789·6 mm-es tengerszíntre redukált légnyomásával. A legkisebb légnyomás a trópusi ciklonoknak nevezett forgóviharokban és a tornádók magjában fordul elő. Az 1924 okt. 19-i, Antillákon keletkezett ciklonban a Toledó-gőzös 687·86 mm légnyomást mért. Az 1924 jún. 13-i biai tornádóban a légnyomásnak valószínűen legalacsonyabb értéke 675 mm volt.[1] Nálunk a légnyomás rendesen 725—780 mm határok közt ingadozik. Egy napra eső változásának maximuma Budapesten 1881 dec. 3-án d. u. 2 órától másnap délután 2-ig 19·8 mm, Ógyallán 1902 jan. 15-én 21 mm.[2]

A légnyomás eloszlását szemléletesen tüntetik fel

[1] Az Időjárás. 1925. 81. o.
[2] Az Időjárás. 1902. 18c. old.

az ú. n. izobár-térképek. Ha a térképen azokat a helyeket, ahol a légnyomás értéke egyenlő, folytonos vonalakkal összekötjük, egymást nem metsző görbe vonalak rendszerét kapjuk, amelyek nagyjában elliptikus formában zárják körül azokat a helyeket, ahol a légnyomás a legkisebb (3. ábra) és veszik körül azokat a helyeket, ahol a légnyomás a legnagyobb. Az izobárokat azzal a számmal jellemezzük, aminő légnyomású helyeket összekötnek. Pl. a 760-as izobár az a vonal, amely a 760 mm légnyomású helyeket köti össze. A 760-as izobár a normális légnyomás görbéje. A 760 mm-nél nagyobb légnyomást magas légnyomásnak, az ennél kisebb légnyomást alacsony légnyomásnak nevezzük.

A légnyomás fölfelé csökken. 10 méterenkint kereken 1 millimétert. A csökkenés nem mindenütt egyforma mértékű. A levegőben azok a pontok, ahol egyforma a légnyomás, egy görbe és szabálytalan felületet alkotnak, amelyeket izobárfelületeknek nevezünk. Képzeljük el, hogy a földön mindenütt 760 mm a nyomás és 10 méterenkint 1 m-t csökken. 100 m magasban tehát 750 mm lenne a légnyomás, 200 m magasban 740 mm stb. Ha az izobár-felületeket a levegőbe elhelyezett lepedőkkel tennők láthatókká, akkor példánk esetében ezek a lepedők mindenütt egyforma távolságban lennének egymástól. Ha azonban a légnyomás sem a föld színén nem egyforma, sem a levegőben nem változik egyformán, akkor az izobárlepedők több helyen összesűrűsödnének, egyik-másik leérne a föld színére. Ahol pl. a 740-es izobárfelület leérne a föld színére, egy görbe vonal alakjában metszené a földet: ez a görbe a 740-es izobár *vonal*. Igy függenek össze az izobárvonalak az izobárfelületekkel.

* * *

Ha egy fűtött és fűtetlen szobának elválasztó ajtaját kinyitjuk és az ajtó aljához is, tetejéhez is égő gyertyát teszünk, azt tapasztaljuk, hogy a felső gyertya lángja a hideg szoba felé, az alsóé a fűtött szoba felé hajlik



3. ábra. Európa izobár-térképe 1912. jan. 7-én este 7 órakor.

A fűtött szobából tehát a magasban levegő áramlik át a fűtetlen szoba hideg levegője fölé és a fűtetlen szoba hideg levegője alul a fűtött szobába folyik. Ez az egyszerű kísérlet kicsinyben képe a légkörben végbemenő, egyensúlyra törekvő kicserélődési folyamatoknak. Ha

valamely helyen a levegő erősebben fölmelegszik, mint másutt, akkor a meleg levegő fölfelé kitágul. (Azért fölfelé, mert arra talál legkisebb ellenállásra.) Ezzel izobár felületei magasabbak lesznek, mint a hidegebb levegőé. Az egyensúly helyreállítására a magasabb izobárfelületről az alacsonyabban fekvő izobár-felületre levegő áramlik. Ezáltal azonban a hidegebb levegőoszlopra több levegő került, nyomása megnövekszik; viszont ahonnan a levegő fönt eláramlott, ott a légnyomás megcsökkent. A magasabb légnyomású (hidegebb) helyről most már az alacsonyabb légnyomású hely felé alant megindul a levegő, hogy az egyensúly helyreálljon. Ha a fölmelegedési és nyomási különbségek folytatódnak, ez a folyamat is tovább tart.[1] Így keletkezik a levegő áramlása, melynek vízszintes ágát *szélnek* nevezzük.[2] A szél tehát a levegő vízszintes mozgása. A szél irányán azt a világtájat értjük, ahonnan a szél fúj. A világtájakat nemzetközi jelekkel szokás jelölni: N északot (Nord), E keletet (East), S délt (Sud) és W nyugatot (West) jelent. SE=délkelet. SSW=dél-délnyugat.

Mivel a szél azért keletkezik, mert a magasabb nyomású hely levegője az alacsonyahb nyomású helyre áramlik, a szél onnan fúj, ahol magasabb a nyomás és oda, ahol alacsonyabb a légnyomás. Azonban a szél nem a legrövidebb úton jut a magasnyomású helyről az alacsonynyomású helyre. Útja se nem egyenes, se nem a gömbfelületen két helyet összekötő legrövidebb körív,

[1] Ha egy keretalakú üvegcsövet vízzel töltünk meg és a vízbe fűrészport hintünk, aztán a cső egyik függőleges szárát melegítjük, a másikat hűtjük, hasonló áramlást tapasztalunk.

[2] A levegőnek függőlegesen fölfelé szállását vagy lefelé ereszkedését függőleges áramlásnak nevezzük.

mert a mozgó levegőtömegre több erő hat. A szélben mozgó levegőtömeget a légnyomáskülönbség indítja meg. Ez az erő annál nagyobb, minél nagyobb a két hely között a légnyomás különbsége és minél közelebb van a két hely egymáshoz. A szélkeltő erő mértéke a *barométeres grádiens:* 111·1 km[1] távolban levő két hely légnyomásának különbsége milliméterekben. Ha például a barométrikus grádiens 3·5 mm, ez annyit jelent, hogy egymástól 111·1 km-re levő távolságban a légnyomás különbsége 3·5 mm. Az izobárokat feltüntető térképen rendesen a 730, 735, 740, 745, 750, 755, 760, 765, 770, 775, 780-as izobárokat rajzolják meg. Két izobár közt a légnyomáskülönbség 5 mm. (Itáliában 1 mm.) Ahol tehát az izobárok közelebb vannak egymáshoz, ott kisebb távolságon nagyobb az esés, nagyobb a barométeres grádiens: ott erősebb szelek fújnak; ahol az izobárok ritkábbak, ott kisebb a szelet előidéző grádiens. A grádiens iránya az izobárvonalakra merőleges. Ha csak a grádiensképviselte erő hatna, a levegő a legrövidebb úton futna a magasnyomású helyről az alacsonynyomású helyre.

A grádienskeltette szél alakjában mozgó levegőtömegre két módosító erő hat: a Föld forgásából, a mozgó test tehetetlenségéből és a forgó testek területtartásából származó eltérítő erő meg a surlódás. Az első erő azt idézi elő, hogy az északi félgömbön minden mozgás jobbra, a déli félgömbön balra tér el eredeti irányától. Ennek a fontos jelenségnek magyarázatához nagyobb lélekzetet kell vennünk. A meglökött vasúti kocsi messze elfut «magától»; a mozgó vonatot

[1] Az egyenlítő egy fokának hossza km-ekben.

a mozgató gőz elzárása után is nagy erővel lehet csak megállítani. A testek igyekszenek sebességüket megtartani. Ez a tehetetlenség törvénye. Ha karunkat forgatjuk, az ujjunk hegyének ugyanazon idő alatt nagyobb utat kell megtennie, mint a könyökünknek, mert messzebb van a forgási tengelytől, a karunk tövétől. Hasonló az eset a Földnél: az egyenlítőnél levő testek messzebb vannak a Föld tengelyétől, mint az egyenlítőtől távolabb eső pontok. Az egyenlítőnél levő levegőtömegek ugyanazon idő alatt nagyobb utat tesznek meg nyugatról keletnek, mint az északabbra vagy délebbre fekvők. Ha már most egy levegőtömeg távolodik az egyenlítőtől, nyugatról keletre irányuló sebességét megtartja: megelőzi az északabbra fekvő, lassabban mozgó tömegeket kelet felé. Jobbra tér el eredeti, északnak tartó irányától. Ugyanezen okná fogva a délnek induló levegőtömeg elmarad nyugatra: ugyancsak jobbra tér el eredeti délnek irányuló mozgásától. (A déli félgömbön hasonló okoknál fogva az eltérítés ellenkező irányú.) Ez a magyarázat azonban még nem okolja meg minden szélnek *erős* jobbra (ill. balra) térését. Egy másik kísérletet végzünk: zsinegre súlyt kötünk és egyenletesen forgatjuk, majd engedjük, hogy forgás közben a zsineg rátekeredjék az ujjunkra. Amint a zsineg rövidül, a súly egyre gyorsabban forog. A forgása úgy gyorsul, hogy a zsineg által egyenlő időközökben leírt terület egyenlő marad. Ez a területtartás elve, mely minden középpont körül történő mozgásra érvényes. Ha már most a levegő északabbra tevődik át, közelebb jut a Föld tengelyéhez, rövidebb lesz a forgási sugara, gyorsabban forog, tehát még inkább keletre, jobbra tart. Viszont a délnek indult levegőtömegek egyre távolodnak a Föld tengelyétől,

forgási sugaruk nagyobbodik, földkörüli forgásuk egyre lassúbb lesz, ami a nyugatra (jobbra) elmaradásukat fokozza. A jobbratérítés okozza, hogy a déli szélből délnyugati, majd nyugati szél lesz és az északi szél eredetétől délebb eső vidékeken északkeleti, majd keleti szél gyanánt jelentkezik.

A tehetetlenség következtében a fölfelé irányuló légáramlások nyugatra térülnek el, a lefelé szállók keletre dőlnek meg, nem függőlegesek.

A jobbratérülés törvénye az oka annak, hogy a magasabb nyomású helyről induló szél nem a legrövidebb úton jut az alacsonyabb nyomású helyre, hanem folyton jobbra térve, a mindenkori grádienstől az óramutató járásával ellenkező irányban fordulva, csavarvonal alakjában kerül az alacsonyabb nyomású helyre. A magas légnyomású helyről minden irányban kiinduló szelek jobbra térnek, ezért irányuk úgy változik, úgy fordul, mint az óramutató járása. Eszerint a magasabb légnyomású terület nem abban az irányban van, ahonnan a szél fúj, és az alacsonyabb nyomású terület nem abban az irányban található, amerre a szél fúj. Buys-Ballot[1] törvénye szerint: ha a szélnek háttal fordulunk, az alacsony légnyomású terület kissé balra előre van, a magas légnyomás pedig kissé jobbra a hátunk mögött. Eszerint az északi félgömbön a szél nem a grádiens irányában, az izobárokra merőlegesen fúj, hanem iránya a grádienstől többé-kevésbbé jobbra tér el és az izobárvonallal kisebb-nagyobb szöget alkot. Az eltérítő erő a szélkeltő grádiens nagyságát nagyobbítja vagy kisebbíti. Ezzel azonban a szél iránya és ereje nincs teljesen meg-

[1] Buys-Ballot (1817—1890) hollandi fizikus és meteorológus.

határozva. A surlódást is bele kell vonnunk számításainkba. A surlódás az az erő, amely a mozgással ellenkező irányú és minden mozgást akadályoz. A surlódás legnagyobb a földszínén és a földfelszín alakjától meg minőségétől függ. Egyenletes felszínek (vizek, síkságok) fölött kisebb, egyenetlen felszínek (dombos, hegyes, fás, épületekkel takart helyek) fölött nagyobb. A magasban, ahol a keveredés kisebb, a surlódás egyre csökken, minek következtében a magasban a szél sebessége jóval nagyobb, mint a földön.[1]

A szél nagyságát vagy a benne mozgó levegőtömegek sebességével, vagy a szél által kifejtett nyomóerővel mérjük.[2] A különböző szeleket a Beaufort-féle nemzetközi skála szerint 12 fokozatba osztjuk és mérőeszközök hiányában hatásuk alapján bizonyos gyakorlattal jól meg tudjuk becsülni. E szélskála adatai a következők:[3] (L. a táblázatot a tulsó oldalon.)

A 7. fokkal kezdődően a szelet viharnak nevezzük.

Nálunk a 11—12 fokos szél nagyon ritkán fordul elő. Katasztrofális szélvihar.

Ha a folyók medre összeszűkül, a folyó vize gyorsabban folyik, ha a meder kitágul, a víz folyása lassúbb lesz. Hasonlóképen a szűk átjárókon, keskeny völgyeken, szűk utcákon átfújó szél tetemesen nagyobb sebességet mutathat a szűkületben, mint a szabadban. Szélirányban húzódó szűk utcákban mindig erősebb a szél,

[1] Pl. 1 km magasan a szélsebesség közepes értéke 22 km, 6 km magasan 47 km és a troposzféra határán (10—12 km) már 79 km óránkint. A sztratoszférában aztán gyorsan kisebb értékekre csökken.

[2] A mérőeszközök ismertetése a VIII. fejezetben kerül sorra.

[3] Róna: Meteor. megfigyelések könyve, 67—68. old.

mint a szabadban. A szelet szabadban kell megfigyelni, hogy a helyi módosító körülmények ne zavarjanak.

*

A szél méretei a Földön sokkal hatalmasabbak, mint az ember az első pillanatban gondolná. A légkörben hatalmas áramlatok, egész szélrendszerek vannak, melyeknek oka a felmelegedés különbözősége.

A szélerő foka	Ismertetőjelei	A szél sebessége másodpercenkint megtett méterekben	A szél sebessége óránkint megtett km-ekben	A szél nyomása □m-re eső kg súlyban
0	Tökéletes szélcsend	—	—	—
1	Nagyon gyenge, alig észrevehető fuvallat. A füst csaknem egyenesen száll föl	1·5	5·4	0·18
2	Gyenge szellő, melyet már megérzünk	3·0	10·8	0·72
3	Gyenge szél, mely a fák leveleit mozgatja	5·0	18·0	2·—
4	Mérsékelt szél, a fák gyengébb gallyait mozgatja	7·0	25·2	3·92
5	Élénk szél. A fák erősebb gallyait mozgatja. Kellemetlen érzést kelt	9·5	34·2	7·22
6	Erős szél, egész ágakat mozgat. Szilárd tárgyak, épületek mellett elhaladva, zúgása hallható	12·5	45·0	12·50
7	Nagyon erős szél, gyengébb fatörzseket már meghajlít	15·5	55·8	19·20
8	Viharos szél, nagy fákat meghajlít, galylyakat letördel, járást megnehezíti ...	19·0	68·4	28·90
9	Vihar, könnyebb tárgyakat, pl. tetőcserepeket megmozdít, egész ágakat, gyenge fákat letör, szabadban a járást megnehezíti...	23·0	82·8	42·30
10	Erős vihar, erős fákat gyökerestül kidönt vagy kettétör, házakat megrongál	27·0	97·2	58·30
11	Ritkábban előforduló szélvész, mely általános pusztítást végez, háztetőket lehord, embereket földhöz vág, erdőt pusztít, kéményeket ledönt	31·5	113·4	79·30
12		>34	>122·4	>93·—

A Föld állandó szélrendszerei közt legfontosabb az általános nagy cirkuláció, melynek vázlata a következő: Az egyenlítő körül a levegő relative legerősebben fölmelegszik, fölfelé kitágul, az izobárfelületek felemelkednek és észak felé lejtenek. A magasban, a troposzféra felső rétegeiben a levegő a sarkok felé áramlik és az áramlás a sarkok fölött levegőtömegeket halmoz föl, melyek ott lehűlve lefelé szállnak. Ez áramlás iránya a jobbratérülés törvénye szerint az északi félgömbön délnyugati, majd nyugati lesz. A troposzféra közepes magasságú rétegeiben hasonló irányban északnak indult levegőtömegek nem jutnak el a sarkokig, hanem a súrlódás és a Föld kerületének szűkülése miatt a 15. és 30. szélességi fok között felhalmozódnak és nagylégnyomású területet alkotnak. E helyeken a levegő lassan lefelé száll, a csapadék ritka. A szárazföldön sivatagok, a tengereken erősen sósvizű területek mutatják ezt a zónát. Erről a magasnyomású területről alul szerteáramlik a levegő az alacsonyabb nyomású területek felé, egyrészt az egyenlítő felé, ahol a levegő fölemelkedése és a magasban eláramlása miatt a nyomás kisebb lett, másrészt észak felé. Az egyenlítő felé induló levegőtömegek mozgásából a jobbratérülés törvénye szerint északkeleti, majd keleti szél lesz: a már régóta ismert és különösen a tengeren pregnánsan jelentkező passzát szél, mely az Amerika felé induló hajókat hátbakapva segített keresztezni az óceánt. Innen kapta a nevét is. A szárazföldön a felület különbözősége és más helyi hatások miatt a passzát szél nem jelentkezik annyira jellegzetesen, mint a tengeren. Az egyenlítő táján fölemelkedett levegő tehát a magasban délnyugati, majd nyugati szél alakjában (antipasszát) eljut a 30. szélességi fok tájáig, ott lassan leszáll és

passzát szél alakjában tér vissza az egyenlítő vidékére. Ez a zárt cirkuláció a passzát-antipasszát rendszer.

Az egyenlítő táján a levegő tehát fölfelé áramlásban van. Szelek vagy nincsenek, vagy gyengék. Ellenben a fölemelkedéssel járó kicsapódás miatt heves esőzések jellemzik ezt a vidéket.

A 30. szélességi fok táján levő magaslégnyomású övből alul északnak is áramlás indul, a jobbratérülés törvénye szerint délnyugati, majd a 60. szélesség alatt már nyugati szelek alakjában. Itt ér le az a szelíden lejtős gömbsüveg a földre, amelyet a sarki hideg levegő alkot. A nyugati légáramlás a poláris hideg levegő elválasztó falának lejtőjén (az ú. n. *diszkontinuitási felületen)* felemelkedik és a magasban visszaáramlik a magaslégnyomású öv felé. Ez a második cirkuláció nem fejlődik ki határozottan. A diszkontinuitási felület mentén keletkezett jelenségek zavarják és homályosítják el e gyenge cirkuláció jellegét.

A pólus fölött felhalmozódott hideg levegőtömegeknek is van egy befejezett cirkulációja: a leszállt hideg levegőtömeg északkeleti, majd keletről nyugat felé tartó állandó szél alakjában mozog a sarkok körül. A hideg levegőtömeg alakja gömbsüveg, melyet szelídlejtésű felület választ el a délre fekvő melegebb levegőtömegektől. Ez a felület — mint a sztratoszféra és troposzféra határa is — két, áramlásban, hőfokban, sűrűségben, nedvességben különböző természetű levegőtömeget választ el. Az ilyen felületet diszkontinuitási felületnek nevezzük. Azt a vonalat, ahol a poláris diszkontinuitási felület leér a földre, *poláris frontnak* hívjuk. Ez a vonal nagyon nevezetes szerepet tölt be a Föld időjárásában, mert ennek mentén keletkezik azoknak a jelenségeknek

legnagyobb része, amelyeket depresszióknak vagy ciklonoknak nevezünk.

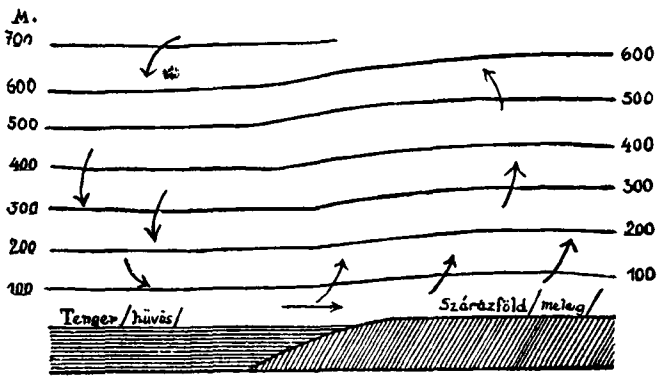
A nagy, általános földi cirkuláció eszerint három részből áll: passzát-antipasszát-szélrendszerből, mérsékeltövi cirkulációból és sarki cirkulációból. A déli félgömb viszonyai hasonlók az északihoz.

A felmelegedési különbségek nemcsak a földgömb különböző részei közt hozhatnak létre állandó jellegű szélrendszereket, hanem a kontinensek és tengerek egyenlőtlen hőmérsékleti viszonyai is periodikus szélrendszert teremtenek: a monszun-szélrendszert. Legjellemzőbben Indiában fejlődött ki, de megtalálható Euráziában,[1] Amerikában és Ausztráliában is. Nyáron a szárazföldek belseje erősen fölmelegszik, a fölötte levő levegő kitágul, fölemelkedik és a magasban a tengerek felé áramlik. Az ezáltal keletkezett kisebb légnyomású helyre a tengerek hűvösebb, párában gazdag levegője áramlik és magával hozza eső alakjában India számára az életet. Télen a viszonyok fordítva állanak: a tenger viszonylagosan melegebb, fölötte alacsony légnyomás keletkezik, mire a szárazföld felől szél indul meg a tenger felé. A monszun-szélrendszert is az eltérítés törvénye irányítja.

A vizeknek és a szárazföldnek hőmérsékleti különbsége hozza létre a parti szeleket is. Tengerek és nagyobb tavak partján észlelhetők. Melegvidéki tengerpartokon olyan szabályosan jelentkeznek, mint a napjárás. Napkelte után a szárazföld gyorsabban melegszik, mint a tenger. A part fölött a levegő fölfelé kitágul,

[1] Európa és Ázsia összefüggő kontinens, melyet közös néven Euráziának neveznek.

izobárfelületei fölemelkednek és a tenger felé lejtenek. A magasban (az egész tünemény mintegy 800—1000 m magasságig ér fel) a levegő a tenger fölé ömlik, ahol a légnyomást növeli. A tenger felől aztán 9—10 óratájt egyre erősödő és a szárazföld felé mind mélyebbre behatoló szél indul meg, mely délután 2 óra tájban éri el legnagyobb erősségét, hogy aztán folytonosan gyen-



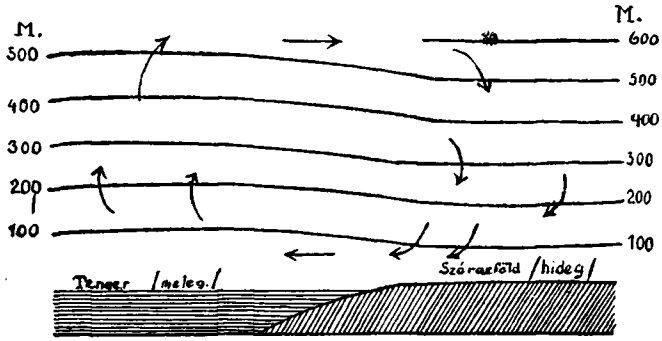
4. ábra. Parti (tengeri) szél.

gülve, napnyugta körül elcsendesedjék. (4. ábra.) A szárazföld éjjeli erősebb lehűlése aztán az egész folyamatot megfordítja. Az esti órákban a szárazföld felől indul meg a szél a tenger felé fokozódó erővel, hajnaltájban éri el erőssége tetőpontját és napfölkeltével megszűnik. (5. ábra.) Aztán a játék elülről kezdődik.

Hasonló tünemény a hegy és völgy szele is, mely nappal a hegyre föl, éjjel a hegyről a völgy felé fúj. A síkság és a völgy felett magasbanyúló levegőoszlop hosszabb, tehát a meleg hatására jobban megnyúlik föl-

felé, mint a hegyoldal fölött levő levegőoszlopok. Az izobárfelületek a hegy felé lejtenek, minek következtében nappal a hegyoldalnak fúj a szél, rajta fölemelkedik és emelkedése közben felhők keletkeznek benne. A hegy «pipál». Este a hegy előbb kihűl, súlyosabb levegőtömegei a völgybe áramlanak: a hegyről a völgy felé fúj a szél; a felhők eloszlanak.

A parti szelek is, hegyi szelek is helyi hatások eredményei: lokális szelek. A légkör napi fölmelegedésének határáig érnek föl és csak akkor jelentkeznek jellegzetesen, ha nagyterületekre kiterjedő, náluk hatalmasabb méreteket öltő szélhatások el nem nyomják őket.



5. ábra. Parti (szárazföldi) szél.

Ezek a minden helyi hatást elnyomó vagy erősen módosító szelek a vándorló alacsonynyomású területek szelei. Láttuk már, hogy a magasnyomású helyről a levegő minden irányban szétáramlik az alacsonyabb nyomás felé. A szelek iránya — ha a magasnyomású terület zárt, azaz az izobárok e területet minden oldalról körül-

veszik — a szélfordulás törvénye szerint az óramutató járásával egyértelműen változik. Ezt a széljárást anticiklonálisnak nevezzük. (L. a 25. ábrán.) Az izobárok a magasnyomású helyeket — melyeket légnyomási maximumoknak vagy egyszerűen csak maximumoknak is nevezünk — rendesen szabálytalan görbe vonalak alakjában veszik körül és ott, ahol a legmagasabb a légnyomás (a maximum magja körül) nagyobb távolságokban vannak egymástól. A magasnyomású hely közepén szélcsend van; az eláramlott tömegek pótlására a magasból a levegő lassan leszáll. A maximumok területén tehát a helyi hatások érvényesülhetnek, a helyi szelek szabályosan kifejlődhetnek. — A magasnyomású helyekről elfolyó levegő az alacsonynyomású területekre spirálisan, az óramutató járásával ellenkező irányban változó szelek alakjában áramlik be. Ezt a széljárást ciklonális széljárásnak mondjuk. Az alacsonynyomású területeket az izobárok megközelítően ellipszis-alakban veszik körül és a depressziónak is, ciklonnak is, minimumnak is nevezett alacsonynyomású képződmény magja körül — különösen egyik oldalán — összesűrűsödnek: itt erős szelek fújnak. (L. a 19. és 26. ábrákat.)

Sem a minimumok, sem a maximumok nem állandó képződmények, hanem egyik helyről a másikra vándorolnak, a helyi hatások szerint átalakulnak vagy elenyésznek. Keletkezésükről, szerkezetükről és a velük kapcsolatos időjárásról később lesz szó. Itt egyelőre azt jegyezzük meg jól, hogy:

a) a szél a magasnyomású területekről a minimumok felé szétfolyva úgy áramlik be a depressziók magvába, hogy a szélirányok változása a minimumok körül az óramutató járásával ellenkező;

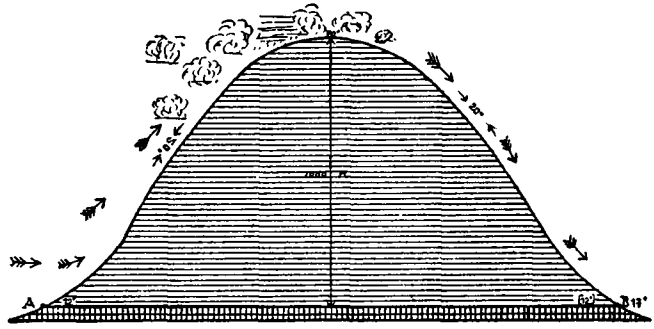
b) a minimumok helyüket változtatják és vándorlásuk szabja meg valamely helyen a szélirány változását és erősségét.

Nálunk is, a mérsékelt égöv alatt a vándorló depressziók szabják meg a szelek irányát és erősségét, továbbá az időjárás jellegét.

Ha valamely hegylánc egyik oldalán maximum, másik oldalán depresszió helyezkedik el, a maximumból a minimumba fújó szél a hegynél nem akad meg, hanem vagy megkerüli a hegyet vagy fölemelkedik a lejtőjén, megmássza a hegyet és a másik oldalon megváltozott tulajdonságokkal zúdul alá. A levegő a hegy széloldalán fölemelkedik. Emelkedése közben, mindaddig, míg a benne levő párák nem kezdenek belőle felhővé kicsapódni, száz méterenkint egy fokot, onnan kezdve azonban kevesebbet (pl. 100 méterenkint 0·7 fokot) hűl. Párái nagyrészét eső vagy hó alakjában leadja. A hegy gerincére érve, lefelé száll a hegy szélárnyékos oldalán. Leszállása közben minden száz méteren egy fokot melegszik és a még megmaradt felhői elpárolognak. A szél szárazabban és — mivel lefelé többet melegszik, mint amennyit fölfelémenet hűlt — melegebben érkezik a hegy lábához, mint ahogyan a széloldalon elindult. Az ilyen hegyről lebukó szél neve *föhn*. (6. ábra.) Eredetileg az Alpok oldalán leszálló meleg szelet nevezték főhnnek,[1] amely délről kel át az Alpokon, ha Északnyugat-Európa fölött depresszió van és az Alpoktól délkeletre magaslégnyomású terület található, de van északi főhn is, ha depresszió van a Földközi-tengeren. Ilyen főhnszerűen lecsapó szelek az Adria északkeleti

[1] Főterülete Genf és Salzburg között.

partján a Karsztokról leszálló *bóra* és a háromszéki medencében a *nemere*. Az első akkor keletkezik, ha Magyarország felé vagy az Alpok fölött maximum székel és az Adrián depresszió jelenik meg. A nemere keletkezésének föltétele, hogy az erdélyi medencében alacsony légnyomás tanyázzon és a maximum Oláhország és Déloroszország között legyen. Mindakettő hideg, száraz szél, mert — bár a hegyekről leszállásközben föl-



6. ábra. A föhn-szerű szél keletkezése.

melegszik — a téli félévekben a szárazföldek hideg levegőjét viszi a relative melegebb vidékekre. A hideg érzetét fokozza száraz voltuk, mivel száraz időben bőrünk erősebben párolog. A párolgás pedig testünktől meleget von el, fázunk, mint amikor fürdőből kilépünk.

A scirocco, kossava, blizzard, burán, kamszin, harmattan, habub, számum, misztrál és másnevű szelek a Föld különböző helyein keletkeznek általánosabb természetű okok révén, de magukon viselik a helyi hatásokat és azok szerint módosulnak. Ismertetésükre nincs terünk.

Félelmetesen nyilvánulnak meg a szelek erői azokban a viharokban, amelyeket — szerencsénkre csak hírből — forróégövi ciklonok, taifun, hurrikán, Mauritius-orkán néven ismerünk. A forróégövi tengereken keletkeznek, végigszáguldanak a tengeren. Halál, pusztulás és borzalom jár a nyomukban a tengeren és a partokon egyaránt. A szárazföldek belsejébe nem jutnak el, vagy csak elgyöngülve. Szülőhazájuk az egyenlítő és térítők közti tenger. Egyik hirhedt fészkük a Kis-Antillák szigetcsoportja és a mexikói öböl között elterülő tenger. Keletkezésükhöz síma felület, tenger kell és két különböző irányú és hőmérsékletű szél határán levő mélynyomású terület. Az ellentétes irányú szélmozgás örvénylést kelt a levegőben, hasonlót ahhoz, aminőt a szűk nyíláson kiömlő folyadékoknál vagy folyókban levő akadályok fölött látunk. Az ellenkező irányú szelek határán (mint az ellenkező irányban mozgó két tenyerünk között sodrott ceruza) a levegő függőleges tengely körül gyors forgásnak indul. A forgató erő a forgó levegőt a tengelytől távolítani igyekszik. Mivel a szél sebessége a magassággal növekszik, fönt erősebb a forgás (és így a centrifugális erő is), mint alul, ezért az örvénylő levegőben fölfelé táguló tölcsér keletkezik, a ciklon magjában a légnyomás ijesztő mértékben alászáll és a levegő nekünk szinte elképzelhetetlen sebességgel áramlik be köröskörül a ciklon magva felé, szelek alakjában. A szélirányok változása a közép körül legtöbbször a mi ciklonjainkhoz (depressziók) hasonló, néha azonban ellenkező. Az egész vihar átmérője 5 és fél kilométertől 620 km-ig terjedhet. Közepükön 15—30 km átmérőjű, ellipszis-alakú szélmentes terület (az ú. n. «szem») van, mely

fölött az ég is egészen vagy részben derült. Annál borzasztóbban zuhog a záporeső a «szem»-en kívül, ahol a szél is rettenetes erővel dühöng. A szél ereje a «szem» szélén meghaladhatja a 144 km óránkinti sebességet. (Nálunk a legerősebb szél sebessége 64—76 km óránkint.) A szél ereje a «szem» szélétől távolodva csökken. A «szem»-ben szélcsend van, vagy igen gyenge szelek fújnak, a hajókra mégis ez a legveszedelmesebb része a ciklonnak, mert a tenger szabálytalanul, vadul, örvénylő mozgásban hullámzik a szélek felől minden irányban befújó széltől. A ciklon «szem»-ében a légnyomás 700 mm körüli értékekre süllyed. — A ciklonok pályája parabola, melyen rendesen nyugatnak indulnak, magasabb szélességeken megfordulnak és a parabola másik ágán keletnek tartanak. Némelyik közülük Európáig is eljut. Haladási sebességük az egyenlítőhöz közel 9—10 km, magasabb szélességeken több, megfordulásuk után elérheti a 43 km-t is óránkint. Némely taifun (a kínai tenger ciklonjait nevezik így) haladási sebessége elérte a 60—90 km-t is óránkint. Útjukat a tengeren hajóroncsok, a szárazföldön pusztulás és halál jelzik. 1926 szept. 19-i ciklon az Egyesült-Államok Florida nevű államában két fürdőhelyet, Miami-t és Palmbeach-t pusztította el. Közel kétezer ember vesztette életét. Ugyanezen év okt. 20-án Cuba fővárosában, Habanában 368 halott és 3000 sebesült maradt a nyomában. A floridai orkán közeledtét már szept. 14-én a Portorico-tól keletre úszó hajók jelentették. Ugyanekkor a Weather Bureau (az amerikai meteorológiai intézet) közölte a vihar érkezését. A hajók el is kerülték. Hogy Miami-ban annyi élet pusztult el, az emberi könnyelműség rovására is írható. Ugyanis, amikor az

első pusztítás elmult és a 17 km átmérőjű «szem» vonult át a fürdőhely fölött, az emberek, a szélcsend és derülés láttára, sem a meteorológiai intézet tisztviselőjének figyelmeztetésével, sem a segítséget várók jajkiáltásaival nem törődve, fürödni mentek a tengerpartra. A 35 perces szélcsend után megérkezett hátulsó, az elsőnél sokkal borzalmasabb szélroham végzett velük: a tenger vizét 2 méter magas szökőár alakjában tolta maga előtt a partra és befejezte a pusztítást. A barométer 757 mm-ről 701 mm-re esett. A szélmérőműszereket elfújta a szél. Utoljára 193 km óránkinti szélsebességet mértek! Azonban a hatásokból számítva, a szél sebességének el kellett érnie a 240 km óránkinti sebességet. Maga a vihar 22 km óránkinti sebességgel vonult tovább. — Hasonlóképen az orkánhajtotta szökőár fokozta irtóztatóvá az 1737 okt. 7-én a Hugli partján (India) a szél pusztítását: a 12 m magasan a szárazföldre rohanó víz háromszázezer embert söpört be a tengerbe![1]

A ciklonokkal rokon és hasonló lefolyású tünemények a szárazföldi forgószelek, a *tornádók* is. Átmérőjük jóval kisebb a ciklonokénál: csak néhány száz méter, de ez csak fokozza kártékonyságukat és pusztító voltukat. A légnyomás e forgatagok magvában annyira kicsiny, hogy palackok dugói kirepülnek, bezárt házakat a belső légnyomás robbanásszerűen szétvet. A szél sebessége a puskagolyó sebességével vetekszik: 162—900—1620 km óránkint! El is pusztít mindent, ami útjába kerül. Néha fölemelkedik a földről és egy darabig a magasban folytatja útját. Tovahaladási sebessége 36—108 km óránkint. A közepében olyan heves a levegő fölfelé

[1] Az Időjárás 1926. 142. o., Termtud. Közl. 1927. 322. o.

áramlása és annyira kicsiny a nyomás, hogy a párák hirtelen kicsapódnak és a forgatag a kicsapódott fekete felhőtől láthatóvá válik: mintha a magasban úszó sötét felhőből lógna le egy tölcsér és rohanna tovább magában hordozva a halált. Tavasszal és nyáron jelennek meg. Leggyakoribbak Amerikában,[1] de nálunk is előfordulnak. Ilyen volt az emlékezetes 1924 jún. 13-i biai tornádó, melyben a szél sebessége 374 km lehetett óránkint.[2]

A trombák és víztölcsérek a tornádók ártalmatlanabb rokonai. A hevesen fölemelkedő levegő, a magjukban uralkodó alacsony nyomás okozza, hogy a homokot és vizet fölemelik és forgatag alakjában viszik tovább.

A mi pusztáinkon és utainkon, sőt utcáinkon is feltűnő pár perces életű forgószelekben a heves fölmelegedés miatti fölemelkedés kelti a forgómozgást. Ártalmatlan jószágok, legföljebb marékszám szórják a port szemünkbe, szánkba. Pornál, papírdaraboknál, elszabadult kalapoknál (vagy ritkán baromfiaknál) mást nem igen emelnek a levegőbe.

A «lágyan lengedező zephyr» és a halált, pusztulást, borzalmat hordozó tornádók egyazon elemnek: az alig észrevehető, láthatatlan, híg valaminek, a levegőnek mozgásai. Amíg az egyik úgy hat, mint az édesanyánk simogatása, a másikban a láthatatlanul kicsiny levegőmolekulák sebességükkel épületeket döntenek halomra, erdőket tarolnak le, vasuti kocsikat dobnak át távíródrótokon, állatot és embert gyilkolnak rakásra.

[1] Az Időjárás 1922. 6. o. Steiner, Az Egyesült-Államok tornádói.

[2] Az Időjárás 1925. 9. o.

V. A víz az atmoszférában.

(Párolgás, felhőzet, csapadék.)

A gyerekszobák meséi közt azok a legszebbek, azokat hallgattuk leginkább csillogó szemmel, pirosragyúlt képpel, amelyekben elvarázsolt tündérkirályfiak álruhában járják a világot. A természet nagy mesebirodalmában a vízcseppeknek jutott a sokszorosan elvarázsolt, örökké vándorúton járó királyfi szerepe... Talán valahonnan a világ tulsó feléről, az óceán kellős közepéből csókolta fel a napsugár azt a kis vízcseppet, amely most egy magasan úszó fátyolfelhőben jégkristálypáncélba öltözötten tündöklik a napfényben, vagy egy hatalmas esőfelhő öléből néz le a nagy magyar Alföldre, hogy aztán később mint az ég könnye hulljon le valahol a földre... és hányt-vetett úton, föld alatt és föld felett, erek, patakok, folyók, folyamok medrében jusson el az édesanyja keblére, vissza a nagy óceánba...

A víz párolgás útján jut az atmoszférába. A párolgást a meleg, tehát végeredményben a nap sugarai idézik elő. Ha száraz időben lapos edény aljára vizet öntünk és kitesszük a szabadba, nem sok idő multán nem találjuk a vizet sehol. Szőrén-szálán eltűnt. Láthatatlanná lett. Elpárolgott. Molekuláit addig késztette az egyre fokozódó meleg tágasabb és tágasabb rezgésekre, míg az egész parányi vízcsepp — sok ezer hasonló társával együtt — szárnyra kerekedett: gőzzé, láthatatlan, gáz-

állapotú anyaggá alakult át és fölemelkedett a levegőbe. Ez a párolgás. Állandóan lopkodja, szökteti nemcsak a folyadékoknak, hanem a szilárd testeknek molekuláit is. Nemcsak a víz párolog, hanem az alkohol is, az éter is, az olaj is, a kámfor is, a hó is meg a jég is. Egyik gyorsabban, a másik lassabban. Minél nagyobb a párolgó felület, annál gyorsabb a párolgás. Ha a kimosott ruhát nem teregetjük ki, nagyon soká szárad meg, mert sokkal kisebb a párolgó felülete, mintha kiteregetjük. Az érdes, göröngyös felületek gyorsabban párolognak, mint a símák. A ködben úszó apró gömbalakú vízcseppek gyorsabban, mintha egy tömegben lennének. A porlasztóból szétfújt fél deciliter víz gyorsabban elpárolog, mint az ugyanannyi el nem porlasztott, mert a porlasztással a párolgó felületet erősen megnöveljük. Nyáron a ruha is gyorsabban szárad, mint télen. Az utak is. Minél magasabb a hőmérséklet, annál gyorsabb a párolgás. «A tavaszi szél utat szárít.» Ha szeles az idő, gyorsabban szárad a kimosott ruha is. A levegő mozgása elősegíti a párolgást: mindig újabb és újabb, még párával meg nem rakódott levegőtömegeket visz a párolgó felület fölé és ha teleitták magukat párával, elfújja őket. A légnyomás nagyobbodása ellenben megnehezíti a páráknak kilépését. Hasonlóképen a már párák alakjában rejtőző nedvesség is akadályozza a további párolgást. Ezért nagyon kellemetlen a nyári záporok után sokszor jelentkező fülledt levegő. Annyi a pára a levegőben, hogy a bőrfelületünk párolgását erősen akadályozza, ami kellemetlen, nyomasztó érzést kelt.

Nemcsak a tengerekről, tavakról, folyókról, mocsarakból párolog a víz, hanem a növényekből és a talajból is. Mindenből, ami vizet tartalmaz. Belőlünk is. Az állatok-

ból is. Különösen sok vizet párologtatnak el a növények, melyek belőle vonják ki táplálékukat. A talajban a kapilláris csövek emelik a vizet a talajvíz színétől a talaj felszínéig. Tehát a párolgás hatása jó mélyre leér a talaj belsejében is. (A talaj víztartalmának párolgását növeljük, ha a talajt ledöngöljük, csökkentjük, ha a felszínét porhanyóvá tesszük: a hajszálcsöveket elromboljuk.)

Ha a párolgás korlát nélkül tartana, a vizek mind szárnyrakelnének a tengerekből és talán egy új özönvíz alakjában zúdulnának le vissza a földre. Csakhogy mindennek van határa. A párolgásnak is. Határt szab neki az a törvény, hogy a levegő minden hőfokon csak meghatározott mennyiségű vízgőzt képes magába fogadni köbméterenkint. Minél melegebb a levegő, annál többet. Így

−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30 C foknál
0·6	0·9	1·4	2·2	3·3	4·9	6·9	9·3	12·7	17·2	22·8	31·1 gramm

vízgőz lehet legfeljebb egy köbméter levegőben. A többlet cseppfolyósodik. Apró vízcseppekké alakul vissza.

A párolgást fékezi a párolgáshoz felhasználódó meleg is. A párolgáshoz ugyanis meleg kell, amelyet a párolgó víz a környezettől von el. A párolgás ezért lehűléssel jár. Minél gyorsabb a párolgás, annál erősebb a lehülés.[1] A lehülés pedig csökkenti a párolgást. Ideálisan automatikus fék ez, amelyhez hasonló a természetben többször is előfordul.[2] A párolgással járó hőcsökkenést érezzük fürdővízből kilépés után, száraz szeleknél és használ-

[1] Ha étert öntünk a kezünkre, intenzivebb hideget érzünk, mint ha ugyanezt vízzel végezzük, mert az éter gyorsabban párolog a víznél.

[2] Például az olvadásnál az olvadásmeleg, a fagyásnál a fagyáshő.

juk föl utcák öntözésénél. Ugyanez a meleg a páráknak újra cseppfolyósodásánál (lecsapódásánál) megint fék gyanánt szerepel: A meleg a vízzéválásnál fölszabadul, a levegőbe kerül és lassítja a lecsapódást.

Legtöbbször nincs is a levegőben annyi pára, mint amennyi lehetne, hanem jóval vagy kevéssel kevesebb. A levegő egy köbméterében levő vízgőzök (vízalakban mért) súlyát *páratartalom*nak vagy *abszolut nedvesség*nek nevezzük. Meghatározása úgy történik, hogy pl. egy köbméter levegőt vizetelnyelő anyagon vezetünk át és a vizetelnyelő anyag súlygyarapodását megmérjük. Ennél azonban legtöbbször jobban érdekel bennünket az, hogy mennyire van a levegő páratartalma attól a foktól, amikor már több párát nem tud fölvenni, vagyis hány százaléka a levegőben tényleg meglevő páramennyiség a lehetségesnek. Ezt a százalékot a levegő *nedvesség*ének vagy relatív páratartalmának mondjuk. A levegő nedvessége főként azért érdekel bennünket, mert ha a levegő nedvessége 100 százalék, vagyis elérte maximumát, akkor a levegő — hacsak hőmérséklete nem emelkedik — több párát nem képes magába foglalni: Elérte telítettségét és a hőcsökkenés már kicsapódással jár. A vízgőzök különböző formában ismét látható testecskékké (vízzé, jéggé) alakulnak át, cseppfolyósodnak, kondenzálódnak, kicsapódnak. A kicsapódás hülés útján következik be. Minden hőfoknak és nedvességnek megfelel egy hőmérséklet, amelynél tovább a levegőt nem lehet hűteni lecsapódás nélkül. Ez a hőfok a harmatpont. Például legyen a levegő hőmérséklete 25 C fok és nedvessége 75%. Ez annyit jelent, hogy a 25 foknál egy köbméterben lehetséges 22·8 gr vízgőznek 75 százaléka, azaz 17·2 gr van egy köbméter

levegőben. Azonban 17·2 gr vízgőz a 20 fokos levegőt telíti. Tehát esetünkben 20 C°-nál van a harmatpont. Bármennyivel hűl is a levegő 20 fok alá, a párák egy része már kicsapódik. Ha például a levegő 5 fokra lehűl, akkor — mivel az 5 fokos levegő csak 6·9 gr vizet képes magába rejteni pára alakjában — minden köbméter levegőből 10·3 gr pára válik ki. Ha hideg vizet viszünk meleg szobába, a pohár fala elhomályosodik, harmat gyöngyözik ki rajta, mert a hideg víz maga körül harmatpont alá hűtötte a levegőt, mire a szoba levegőjében levő párák egy része a pohár falára csapódott. Hasonló az eset, amikor télen a kinyitott ablak üvegére pára csapódik le, vagy a szemüveg elhomályosodik, ha télen hidegről fűtött szobába lépünk: A hideg szemüveg maga körül harmatpont alá sülyeszti a szoba levegőjének hőmérsékletét és a felszabadult vízcseppek a szemüvegre telepednek.

A gőzök kicsapódása, kondenzációja azonban nem történik annyira egyszerűen és könnyen, mint ahogy eddig tárgyaltuk: lehűlés révén. A kiváló apró vízcseppek, mint a vándorló madarak, helyet keresnek maguknak, ahol letelepedhetnek, amire rácsapódhatnak. A levegőben nincsenek üvegpoharak, amelynek falára leszállhatnának. Vannak azonban igen finom porszemek, vízzel rokon folyadékok párái, a párolgást csökkentő sók molekulái, elektromos tulajdonságú levegőmolekulák (iónok). Ezek azok a «szilárd» pontok, amelyeken a vízcseppek megvetik a lábukat, amely körül lecsapódnak. Körülveszik őket, mint a barack a magját. (Kondenzációmagoknak is nevezzük őket). A finom, magasban lebegő porszemeknek tehát tiszteletreméltó szerepük van az esőképződésben. Az ilyen kondenzációs ma-

gok nélkül nem tudnának a vízgőzök a harmatpont körül vízzé válni: túltelítődnék a levegő. Négyszerötször annyi nedvesség kellene a levegőben, hogy a kicsapódás megindulhasson. Akkor meg aztán olyan rohamos lenne a vízcseppek kiválása, hogy özönvízként pusztító felhőszakadások zúdulnának a földre.

De hát miért van szükségük a kicsapódó apró vízcseppeknek szilárd magokra, amelyek köré megtelepednek? Félnek tán a leeséstől? Hiszen így még nehezebbek és a porszemek sincsenek alátámasztva a levegőben! Lord Kelvin[1] magyarázata kielégítő feleletet ad erre a kérdésre. A kivált vízcseppek nagyon kicsiny térfogatú gömbök. A gömb felülete pedig *aránylag* (a térfogatához viszonyítva) annál nagyobb, minél kisebb a gömb sugara.[2] Kicsiny vízgömbön a párolgásra késztető erő (mely, mint láttuk, a felülettől függ) igen nagy: a vízcsepp újra elpárolog. Ahhoz tehát, hogy a vízcsepp a párolgásra késztető erőkkel szemben megmaradhasson, az átmérőjének bizonyos nagyságot el kell érnie. Ha porszemek közé rakódik, a porszem átmérőjével nagyobb az átmérője: eléri azt az átmérőt, amely mellett az elpárolgástól megmenekül, mire újabb vízgömböcskék csatlakoznak hozzá és olvadnak vele egybe.

A cseppfolyósodás a levegő gőzeinek vízzé való visszaalakulása lehűlés következménye. A levegő lehűlésének pedig több módja van: kisugárzás és hőelveze-

[1] Lord Kelvin (William Thomson 1824—1907) angol tudós, korunk egyik legnagyobb fizikusa.

[2] Például az egy milliméter sugarú gömb felülete 3-szor az egytized mm sugarúé 30-szor, az egyezred mm sugarúé 3000-szer több négyzetmilliméter, mint ahány köbmilliméter a térfogata.

tés, hirtelen nyomáscsökkenés, különböző hőfokú levegőtömegek keveredése és a levegő felemelkedése.

Kisugárzás és hőelvezetés útján csak a talajhoz közeleső rétegek hűlhetnek le annyira, hogy belőlük a gőzök kicsapódnak. A talaj kisugárzása derült éjtszakákon olyan nagyfokú lehet, hogy a talaj mentén már 0 fok alá süllyedhet a hőmérséklet, míg embermagasságban még mindig pár fokkal az olvadáspont fölött áll a hőmérséklet. Ezek a talajmenti fagyok. A talaj kisugárzása és a talajmenti levegőrétegek lehülése hozza létre a harmatot, deret és sokszor a ködöt is.

A levegő nyomása nem szokott ugrásszerűen változni. A nyomásváltozás még viharos depressziókban sem ér el akkora értéket, hogy említésreméltó kicsapódást okozhatna. Ellenben a tornádók és más forgóviharok tölcsérében előfordulhat annyira rohamos légnyomáscsökkenés, hogy a párák kicsapódnak. Ezért látszik az ilyen viharok tengelyében a felhőből lenyúló felhőtölcsér.

Különböző hőmérsékletű levegőtömegek keveredése akkor okoz kicsapódást, ha mindkettő telített, vagy a szárazabb levegő igen hideg. Ködök szoktak így keletkezni például, ha meleg és hideg tengeráramlatok találkoznak. Így keletkeznek a hirhedt újfundlandi ködök, a párás meleg golf-áram és a hideg sarki-áram találkozásából.

A levegő harmatpont alá hülésének legfőbb oka a levegő fölemelkedése. A levegő emelkedés közben 100 méterenkint 1 fokot hűl mindaddig, míg hőfoka a harmatpontig nem süllyedt. A további emelkedés és hűlés párakicsapódással jár, a hőmérséklet csökkenése lassúbb lesz, mert a párák kicsapódásakor felszabadult meleg a levegő hőmérsékletét emeli.

A levegő fölemelkedése több okra vezethető vissza. Ha a talaj erősen felmelegszik (pl. nyáron erős napsütésben), a talaj mentén megmelegedett levegőtömegek kisebb-nagyobb tömbök alakjában — mivel könnyebbek a föléjük nehezedő hidegebb levegőnél — felemelkednek, felszállásuk közben lehűlnek és bennük a kondenzáció megindulhat. A levegőnek ezt a fölemelkedését *konvekciós áramlásnak* mondjuk.

Fölemelkedhetik a levegő mint valamely általános *cirkuláció fölemelkedő ága*. Így állandó emelkedésben vannak az egyenlítő fölött a levegőtömegek. Azért van ott annyi eső.

Fölemelkedésre kényszerítheti a levegőt a szél útjába kerülő *hegyoldal* is. A hegyoldalon fölemelkedő levegő lehűlése közben a páráit elveszti: eső, hó stb. alakjában öntözi vele a hegy széloldalát. Ez okból gazdagok esőben az állandó nedves szeleknek forduló hegyoldalok. Ezért van nálunk a Kárpátok déli lejtőin is több csapadék, mint az Alföldön, noha a Kárpátok messzebb esnek az esőthozó déli és délnyugati szelek rakodótelepétől, a tengertől.

A depressziókban bekövetkező kicsapódások a levegőnek ismét másfajta felemelkedése révén keletkeznek. A különböző hőmérsékletű, nedvességű, sűrűségű és mozgásirányú levegő keveredése nem olyan egyszerű, könnyű és gyorsan bekövetkező dolog, mint az ember gondolná. Ha a mozgó, áramló meleg levegő lejtősen emelkedő hideg levegőtömeggel érintkezik, nem keveredik össze (legfeljebb az érintkező felületük mentében), hanem ugyanúgy felkúszik rajta, mint a hegy lejtőjén és emelkedése közben hasonlóan kicsapódnak belőle a párák. A meleg levegő kúszása közben előre is halad

és maga előtt tolja a hideg levegőlejtőt. Ezt a tüneményt *melegbetörésnek* nevezzük. Nagyobb sebességgel haladó hideg levegőtömegek ék módjára nyomulhatnak a meleg levegő alá, gyorsan magasba emelik, miközben a levegőben vízszintestengelyű és más örvénylések keletkezhetnek és heves kicsapódások mennek végbe. Ez a folyamat a *hidegbetörés*. Mindkettővel lesz még dolgunk az időjárásról szóló fejezetben.

Most ismerkedjünk meg azzal, mi lesz a párákból kivált víznek további sorsa.

Derült éjtszakákon a levegőnek a talajhoz egészen közeleső rétegei kisugárzás révén a harmatpontig vagy az alá is hűlhetnek. A levegőből kiváló apró vízcseppek a növényekre, talajra rakódnak. Igy keletkezik a *harmat*, mely nyári, tavaszi és őszi reggeleken nedvessé teszi a füvet a réten és úgy csillog a virágok kelyhén a fölkelő Nap sugarainak tüzében, mint a gyöngyszem vagy a gyémánt. Mivel a kisugárzással járó lehűlés okozza, csak derült éjtszakákon keletkezik. Borús, felhős, nem tiszta égbolt esetén a kisugárzásokozta hűlést csökkenti a légkör (felhő stb.) visszasugárzása. Minél nagyobb mértékű a kisugárzásokozta lehűlés, annál intenzívebb a harmatképződés. Rögös vagy növényzettel (füvel) borított területeken nagyobb a harmat, mint kopár vagy síma földeken. A füvek leveleinek élei, csúcsai különösen erősen sugározzák ki a meleget. Az egyes levelek elhelyezése is módosítja a harmatképződést: azokon a leveleken, melyek szabadon állanak, tehát szabadon sugároznak, több harmat keletkezik, mint azokon, melyeket más levelek részben eltakarnak. Ha üveglapot, melynek sugárzóképessége nagy, a földre tett fémlapra fektetünk, nem keletkezik rajta harmat, mert a jó meleg-

vezető fémlap az üvegnek kisugárzása révén vesztett melegét folyton pótolja úgy, hogy nem hűlhet le kellően. Ha ugyanakkor egy másik üveglapot vattacsomóra — mely rossz melegvezető — helyezünk, bőséges harmatot kapunk. A növényeken azért keletkezhetik bő harmat, mert jól sugároznak, de rossz melegvezetők. A harmat csak a talajhoz közel keletkezik. Magas fák csúcsán nem gyöngyözik ki, pedig a fa levelei a magasban is jól sugároznak, a rossz vezető törzsön keresztül új meleget sem kapnak. Nem is ez az oka a harmat elmaradásának, hanem az, hogy a kisugárzás útján a levelek körül levő lehűlt levegő nehezebb lesz, alászáll, helyét le nem hűlt, könnyebb levegő foglalja el. Ezért harmat csak a talajhoz közel keletkezhetik. Ott már nincs hová süllyedjen a sugárzás folytán lehűlt levegő. A harmat keletkezéséhez legkedvezőbb a gyenge szellő. A kisugárzással járó lehűlést nem akadályozza (mint az erősebb szél, mely gyorsan tovább áll és nincs ideje lehűlni), hanem — miután letelepítette kicsapódott páráit — tovaszáll és új, párában még gazdag levegőnek adja át helyét. A teljes szélcsendben kevesebb, erős szélben semmi harmat nem keletkezhetik. A harmat ugyan kevés vizet szolgáltat, mivel azonban olyan időszakban fordul elő, amikor eső nem esik, továbbá, mivel a növények pórusait eltömi és nedvességük elpárolgását akadályozza: jótékony hatása el nem vitatható. Lerakódásának ideje az éjjel. Néha ugyan már naplemente előtt megindul a harmatképződés, általában azonban a hajnali órákban a legerősebb, mivel a kisugárzással járó lehülés akkorra éri el legnagyobb mértékét.

A harmat rokona a *dér:* Csak a hőmérsékleten múlik, hogy dér képében csapódnak ki a talajhoz közel-

eső levegőrétegek párái. Sőt a dér egy része is harmat volt előbb, csakhogy a lehűlés zérus fokig vagy azon túl is folytatódott és a harmatcseppek dérré fagytak. Ha viszont a levegő hőmérséklete kevéssel áll a 0 fölött, a harmatpont pedig zérus alatt van, a kicsapódás azonnal szilárd alakban történik; közvetlenül dér keletkezik. A dér keletkezésének időszaka főként az ősz, igen gyakran van azonban tavasszal is. Teljes szélcsend a kedves ideje. Ha naplementekor derült, szélcsendes az idő és a hőmérséklet zérus körül van, csaknem biztos a dér.

Ködös időben keletkezik a *zuzmara*. A ködből születik, túlhűtött ködből, amelyből kristályos szerkezettel válik ki, gyöngyházfényű páncéllal vonja be a fákat és a tárgyakat. Az ilyen zuzmarapáncélt öltött világ szebb, mint a legszebb álom. Ilyen szépet talán álmodni sem lehet, csak látni. A földet esetleg süppedő fehér szőnyeg borítja: a hó. A zuzmarába öltözött fák ezüstfényű ágai közt gyenge ködfoszlányok bujkálnak. És a nap sugarai kacagva szikráznak a mindent bevonó kristályokon. Akkor telepszik a fákra ez a tündérálom, ha erős hidegre enyhébb nedves szél következik, vagy nedves vidékre hideg szél érkezik, avagy igen hideg tárgyakat nedves szél ér. Nemcsak a talaj mentén keletkezik, hanem minden magasságban előfordul. Rokona a télen ablakainkon díszlő jégvirág.

A kicsapódott vízrészecskék nem telepednek meg mindig azonnal a földön és tárgyakon, nem lesz belőlük azonnal csapadék, hanem sokszor hosszabb vagy rövidebb ideig a levegőben lebegve maradnak, a szelek szárnyán vándorolnak, átalakulnak vagy esetleg el is múlnak anélkül, hogy lehullanának. Azok a formák, amelyekben a légköri víz a levegőben lebeg: a *köd* és

a *felhők*. Nincs köztük lényeges különbség. A felhők is ködök, csak magasan úsznak. Ha magas hegyen vagy repülőgépen, avagy léghajón beléjük jutunk, ködnek észleljük őket.

A köd a föld színe közelében kicsapódott, levegőben lebegő apró vízcseppek összessége. Akkor keletkezik, ha nedves és aránylag meleg szelek vonulnak el a hideg talaj fölött, vagy aránylag meleg, nedves talaj vagy vízfelület fölé hideg légáramlat kerül. A párák egy része mindkét esetben kicsapódik és apró vízcseppek alakjában lebeg a levegőben, vagy szitálva hull le lassan a földre. Nyirkossá teszi a levegőt, hideg lehelletével behatol a szövetek közé; szomorúvá, lehangolóvá tompítja a késő őszi és téli alkonyatokat és álmossá, fénytelenné a hideg reggeleket. Egyik legszomorúbb, legleverőbb jelenség. Csak akkor szép, ha messziről látjuk (pl. egy magaslatról), miként hajtja gomolygó tömegeit maga előtt a szél a völgyben, mint nyel el lassan mindent, amerre az útja visz: fákat, házakat, erdőket, dombokat és miként tolong, gomolyog, torlódik egymás hegyén-hátán, mint amikor a juhászkutya belekap a hátul haladó birkákba és azok az előttük járók hátán igyekeznek előre. A nyár végén este felé, mint a föld színén folyó füst, tekereg a laposok alján. Télen beborít mindent és pár száz méter magasig terjed. A napsugarak párologtatják el, ha bírnak vele, vagy fölemelkedik a magasba, vagy valami jótékony szél kergeti el maga előtt és szabadítja meg tőle a vidéket.

A felhők is ködök. Magasan úszó ködök. Különböző magasságban szállnak. Nincs köztük tán két egyforma, mégis tipusokba lehet őket osztani.

Nagy magasságokban, 9—15.000 m-nyire a föld felett, gyakran láthatók nagyon finom és nagyon vékony fehér felhőfoszlányok: a fátyolfelhők, cirruszok. (Jelük: Ci.) Mintha valami meglódult szél kapott volna ki egy darabot az alantabb járó felhőkből, fölvitte szédítő magasba, ahol aztán az apró vízcseppek jéggé fagytak és mint fehér fátyolfelhők úsznak az égen. Vagy a levegőnek éjjeli kisugárzása következtében létrejött lehűlés érte utól az itt nagy magasságokban eloszlott vízgőzt és dermesztette molekuláit tündöklő jégtükké. Máskor a hideg levegő hátán magasba kapaszkodó meleg levegőtömeg élén jelennek meg mint messze előre küldött követei a közeledő melegbetörésnek. Már akkor jelzik a depresszió közeledtét, amikor a barométer még mitsem érez. Egyik-másik Ci annyira finom, hogy csak figyelmesebb szemlélés után látható. Olyan, mint a szobában lassan-lomhán eloszló vékony, szürkésfehér cigarettafüst. A színe is olyan... Vannak köztük olyanok is, mintha elszakadt fehér fátyolfoszlányok úsznának a levegőben. Játszik velük a szél, kuszálja, cibálja, alakítja őket. Van aztán összefüggött Ci is. Ki van teregetve símára és amikor elúszik a Nap előtt vagy Hold előtt, gyűrűt rajzolnak ki rajta a napsugarak meg a holdfény. Ezek a cirro-sztrátusz felhők, fátyolfelhők. (Jelük: Ci-St.) A cirruszok után szoktak lassan fölvonulni az égre.

3—7000 m magasan a föld színe fölött úsznak a hullámfelhők (cirrus undaeformis) és bárányfelhők (cirro-kumulusz, Ci-Cu) meg az alto-kumuluszok (A-Cu). A hullámfelhők valószínűleg valamely réteghatár felületének hullámzása következtében keletkeznek úgy, hogy a hullámhegy tetején a vízgőz felhővé csapódik ki, a jóval mélyebben fekvő hullámvölgyben pedig kondenzáció nem lé-

tesül. A bárányfelhők talán elektromos hatásokra, talán új, másirányú hullámzásra létesülnek. Magasabban járnak, mint a hullámfelhők és jégtükből állanak. Olyanok, mintha fényes fehér bárányok legelnének az égnek kékszínű mezején. Ha nagyobbak és alacsonyabbak, altokumuluszoknak nevezik őket. Hideg évszakban mint elszabadult fehér szigetek úsznak sietve az égen. Nagy rianások vannak köztük és ha elhaladnak a Hold előtt, udvart alkot rajtuk a fénye.

A másfélezer méteren alul úszó felhők közül a kumuluszok (Cu), halomfelhők a legszebbek. Sokszor nem is jönnek, hanem ott születnek meg az égen a szemünk előtt: az erős helyi fölmelegedés miatt fölfelé áramló és vízpárával telített levegőből válnak ki. Kezdetben mint fehér vattacsomók lebegnek a kék égen, de gyorsan növekednek. Az aljuk lapos, a tetejük félgömbalakú, a fejük és a szélük vakítóan fényes. Tornyaik igen sok félgömbalakú gomolyból állanak. Árnyékolásuk fantasztikus alakokat mutat. Különállóan, lassan úsznak az égen, napközben a számuk is, tömegük is növekszik és este felé, amikor a fölfelé áramlás megszüntével a cseppek lefelé szállanak, el is oszlanak újra a levegőbe vízgőznek. Magasságuk a talpuktól a tetejükig 1400—1800 méter. A talpuk nagyjából egyenlő magasan van, hanem a tetejük az különböző magasságú. Néha rohamosan fejlődnek, összetorlódnak, hatalmas lesz a tömegük. A fejük felett fátyolfelhő terül szét előrehajolva: a viharsátor. Annak a jele, hogy ott a fölemelkedett levegő új réteg határához ért, amelybe a felhőképződés nem tud belehatolni. Ezek a zivatarfelhők. Villámot, zivataros esőt, jégesőt is rejthetnek magukban. Némelyik olyan, mintha hóból épült szik-

lákból állana, mely lavina alakjában készül lezúdulni a földre, mások mint hatalmas sziklatömbök vagy levegőbe emelt hegyóriások úsznak fenyegetően az égen és amikor eltakarják a Napot, akkor válnak csak igazán komorrá zord fenségükben. Ezek a kumulo-nimbuszok, zivatarfelhők (Cu-Ni). Magasságuk a talppontjuktól a csúcsukig 3—8000 méter. E két utóbbi felhőforma tipikus nyári jelenség. Mindegyik a levegőnek heves felemelkedésekor keletkezik, tehát konvekciós áramokban és hidegbetörésekben.

A rétegfelhők, sztratuszok (St) mint vastag szőnyeg takarják az égboltot. 2000 méter magasságban tanyáznak. Változataik az altosztrátuszok (A-St), kékes és szürkésszínű vastagabb fátylak és a sztratokumuluszok (St-Cu), amelyek mint vastag, sötét felhőgomolyok télen borítják az eget. Lassú, nagy tömegben való emelkedésnél válnak ki a levegőből, például a melegbetörésekben.

Azt a felhőt, amelyből eső vagy hó esik és amely legtöbbször alaktalan, sötét és vastag felhőtömeg, esőfelhőnek, nimbusznak (Ni) hívjuk. Néha beléjük kapaszkodik valami friss szél, összetépi őket és előzi őket. Ezeket a felhőrongyokat, amelyek néha olyan alacsonyan úsznak, hogy a kisebb hegyek csúcsa is elvész bennük, frakto-kumuluszoknak, frakto-sztrátuszoknak, frakto-nimbuszoknak (F-Cu, F-St, F-Ni), felhőroncsoknak mondjuk. Olyanok, mint egy megvert és szétszórt hadseregnek hanyatthomlok menekülő maradványai... Amikor aztán este felé eltakarodnak az égi csatatérről, az ég peremén megjelenik néhány vastag ecsetvonás. Ezek is sztrátuszok, rétegfelhők, csak messze vannak.[1]

[1] A különböző felhőalakok fényképei. Róna, Meteor. megf.-ek kézikönyve 49—56. oldalán láthatók.

Gyakran látható — és különösen a különben éles kontúrokkal rendelkező kumuluszoknál tűnik fel — hogy a felhő széle elmosódott, olyan, mint amikor a festék elmázolódik a kép szélén. A felhő széle azért mázolódott el, mert nem telített levegőbe ért és párologni kezd. Ezt a jelenséget különben az eső megindulásakor is lehet néha látni. Az egyik esőfelhőből mintha vékony, rongyos ólomszürke szőnyeg lógna le a föld felé. Ott már esik. Az alsó széle azonban ennek is el van mázolva, mintha elszakították volna. Ennek az «elmázolás»-nak is a párolgás az oka. A leeső vízcseppek, esőszemek lefelé útjukban melegebb levegőrétegbe érnek, elpárolognak. A szőnyeg széle aztán csakhamar mégis leér a földre. Az elpárolgott esőcsöppek lehűtik a levegőt (mert a párolgáshoz meleg kell), mire a következő csöppek már nem párolognak el. Az első esőcsöppek az eső pionirjai és előőrsei: utat készítenek az utánuk jövőknek a saját életük árán.

A felhők a szelek szárnyán úsznak a levegőtengerben. Útjuk iránya a szelek irányát jelzi. Fontos «műszerei» a magas levegőrétegek áramlási viszonyainak. Sokszor követei a készülő időjárásváltozásnak. A tetejük rendszerint ott van, ahol új levegőréteg kezdődik. Sok mindent elárulnak a magasban uralkodó meteorológiai viszonyokról. Megérdemlik, hogy éber figyelemmel kísérjük a járásukat és változásukat.

Az ég nagy vándormadarai sem örökéletűek. Vagy elmúlnak csendben, észrevétlenül, beleolvadván újra elpárolgás révén a levegőtengerbe, vagy lehullatják terhüket eső, hó, jégeső, dara, ólmos eső alakjában a földre és úgy pusztulnak el. Azt a kérdést tehetné azonban valaki, miért nem esik minden felhőből, miért marad

a víz felhőalakban soká az égen, mi tartja fönn a levegőben azt a rengeteg víztömeget, ami a felhőből egy eső alkalmával a földre hull és ha esik, hát miért esik le a víz újra a földre? Mi tartja lebegésben a felhők vizeit? Hiszen ha egy apró vízcseppet engedünk is el, rögtön lehull a földre. Erre az egy lélekzetre elmondott kérdéshalmazra megint nagyobb lélekzetet veszünk, mert a feleletet nem lehet pár szóba sűríteni. Mindenekelőtt megállapítjuk, hogy a felhők apró szemei igenis esnek, hullanak lefelé. Hullásuk nagyon lassú, annál lassúbb, minél kisebbek. Esésük sebességét súlyukkal szemben surlódásuk, a levegő felhajtó ereje és főként közegellenállása szabja meg. Tapasztalhattuk, milyen nehéz a vízben járni: a víz részeit szét kell választanunk, hogy előrehaladhassunk benne. A közegellenállás akadályozza mozgásunkat. A levegőben is megvan. A sebességgel növekszik. Kétszerakkora sebességnél az értéke négyszer nagyobb, háromszor nagyobb sebességnél már kilencszerese az eredetinek. Az esőtest felületétől is függ: minél nagyobb a felület, annál nagyobb a közegellenállás. Mivel pedig a nagyjából gömbalakú cseppek súlya (lefelé húzó ereje) a fajsúlyon kívül térfogatuktól függ. a térfogat pedig annál kisebb a felülethez képest, minél kisebb a gömb sugara, belátható, hogy az igen apró vízcseppekre az őket visszatartó közegellenállás nagy, miért is igen lassan hullanak lefelé, miként a szobában úszó nagyon finom por vagy lassan leszálló cigarettafüst, A lassan hulló kis vízcseppek lefelé ereszkedését teljesen megakadályozhatja a levegő fölfelé áramlása, mely szárnyára kapja őket és viszi föl magával, ameddig maga fölér. A felhők nem is állandó képződmények, hanem folyton alakulnak, egyrészük elmúlik és új ré-

szek képződése pótolja a helyét. A kissé figyelmesebb szemlélés is mutatja, mint változnak, alakulnak folyton. A cseppek lefelé hullásuk közben elpárologhat, fölfelé emelkedéskor megsokasodnak, hidegebb környezetbe érve, új kicsapódással gazdagodnak, melegebb helyre jutva, párává oszlanak szét. Ha súlyuk megnövekszik, lehullanak a földre. Minél nagyobbak, annál nagyobb utat tettek meg, mert útközben meghízlalta őket az alantabb úszó és hozzájuk csatlakozott ködszemek tömege.

Az eső tehát úgy keletkezik, hogy a felhők ködszemei egybeolvadnak, megnagyobbodnak és lehullanak. De miért nem olvadnak egybe a felhők ködszemei mindig, miért nem gyorsabban? Mi az az erő, amely távoltartja egymástól az egymáshoz közeleső ködszemeket, noha a szél is hajtja, űzi, cibálja, kavarja a felhőket? És miért szűnik meg ez a szétválasztó erő akkor, ha mégis megindul az eső? A felhőkkel nehéz kísérletezni, mert messze vannak, de van más mód is, hogy a felhők ködszemeinek lebegését és egyesülésük utáni lehullását szemléltessük és megérthessük: Ha cukrot teszünk vízbe, eltűnik benne, láthatatlanná válik, feloldódik. Ha agyagföldet szétmorzsolva vízbe teszünk, jól fölrázzuk: az agyag nem oldódik. Huszonnégy óra mulva üledék keletkezik az üveg alján, de a víz még mindig zavaros, mikroszkópos kicsinységű agyagszemek lebegnek benne. Kicsinységük miatt igen-igen lassan szállnak lefelé. Össze nem állnak, pedig anyaguk rokonsága miatt vonzaniok kellene egymást. Vonzzák is, de a vonzóerőnél nagyobb taszítóerő tartja távol őket egymástól: az elektromosság. Fölrázás közben ugyanis dörzsölés, surlódás útján az agyagszemek elektromossá let-

tek. Negatív elektromossá. Az egynevű elektromosságok egymást taszítják, tehát az agyagmolekulák nem tudnak súlyosabb szemekké egyesülni: diszperzióban maradnak, mint mondani szokás. Öntsünk most ehhez a zavaros vízhez kalciumchlorid-oldatot. A vízben azonnal fűrészporszerű, hópehelyhez is hasonló, látható szemek keletkeznek, melyek gyorsan leüllepednek. (Ugy szokták mondani: az agyag koagulálódott.) Az történt, hogy a kalciumkloridsó híg, vizes oldatában a sómolekulák egy része pozitív töltésű kalciumra és negatív töltésű klórra esett szét: iónokra bomlott. A pozitív kalcium — mivel a különnevű elektromosságok vonzzák egymást — az agyag negatív elektromosságát közömbösíti. A töltésüket elveszített agyagrészecskék most már egymás vonzási körébe jutva egyesülnek, megnagyobbodnak és leüllepednek. Az agyagnak ez a tulajdonsága a kolloidsajátságok közé tartozik.

Hasonlóan magyarázható az esőcseppek lebegése a levegőben és az eső keletkezése is. A vízcseppek a surlódástól elektromosak lesznek és egymást taszítják, tehát a levegőben diszperzióban maradnak, lebegnek, mert igen kicsinyek. Az elektromos erők nemcsak a ködszemek egyesülését akadályozzák meg, hanem bizonyos mértékig még a földnehézségi vonzással szemben is egyensúlyban tudják tartani a szemeket. Ha már most valami ok miatt a ködszemek töltésüket elveszítik, misem áll útjába egyesülésüknek, megnagyobbodnak és lehullanak.

Hasonlóan magyarázható a füst lecsapódása eső előtt. A kéményből kiszálló füst, mely apró égési termékeket tartalmaz, elektromossá lesz. Ezért soká lebegni képes a magasban. Eső vagy vihar előtt a füst

részecskéi elvesztik elektromosságukat, nagyobb szemekké állnak össze és lecsapódnak a földre.

Ugyanez a magyarázata a vulkánokból fölszállott és sokszor hetekig a légkörben úszó hamufelhőknek is, amelyek — midőn elveszítik a vulkáni kitöréskor nyert elektromos töltésüket — hamueső alakjában hullanak a földre.

Az is régi tapasztalat, hogy a légkör időváltozás előtt megtisztul a portól. A port is az elektromos erők tartják diszperzióban. A por elektromosságát fölszállásakor surlódás folytán nyerte. Időváltozás előtt az elektromosságuktól megfosztott porszemek koagulálódnak, mint az agyag és leszállnak oda, ahonnan a levegőbe jutottak, a földre.[1]

* * *

A fenntartó erőktől megszabadult vagy azokat legyőző vízcseppek lehullanak a földre, ahová különböző formában érkeznek meg. A levegőből a földre visszakerült nedvesség neve *csapadék*. Csapadék tehát a harmat is, dér is, zuzmara is. Csapadék az eső, a hó, a jégeső, jegeseső, dara, ólmoseső.

A folyékony állapotban földre érkezett csapadéknak *eső* a neve. Különböző magasságokból érkezik. A szemek nagysága is különböző. A kiadós, csendes eső szemei apróbbak, a viharos vagy zivataros esőé nagyobbak. Ha az eső nagyobb magasságból indult és nedves rétegeken át érkezett, vagy erős felfelé áramlás esetén esik, a cseppjei nagyobbak. Az első esetben azért, mert útközben az alsóbb rétegek csöppjeivel nagyobbodott, a második esetben azért, mert csak a nagyobbra nőtt

[1] Az Időjárás, 1920. 70—72. és 96. old.

cseppek tudják legyőzni a felfelé áramló levegő felhajtó erejét.[1] Az esőcseppek alakja esésközben nem gömb-, hanem körtealakú, az ú. n. cseppalak. Erre hat esés közben legkevésbbé a közegellenállás.

Az eső alakjában földre érkezett csapadék nem mindíg eső formájában kezdte meg az útját lefelé. Gyakran hónak indult, csak útközben olvadt meg az alsóbb, melegebb levegőben. Nem csoda, hiszen a felhők magasságában többnyire zérus fok alatt van a hőmérséklet. A *daránál* fordított az eset: ez meg megfagyott eső. Akkor keletkezik, ha a földhöz közelfekvő levegőrétegek hidegebbek, minek következtében az esőcseppek kristályos szerkezetű, puha jégszemmé dermednek. A *jeges eső* vagy *ólmos eső* túlhűtött eső, melynek hőfoka közel van zérushoz. A hidegebb talajhoz, tárgyakhoz, növényekhez ütődve, egyszerre jéggé fagy.[2] Óriási károkat okozhat, mert a fákat vastag jégpáncélba öltözteti, melynek súlya alatt az ágak letörnek, jéggel terheli meg a vezetékeket és eltépi őket. Franciaországban 1879. jan. 22. és 23-án esett ólmoseső 25 mm vastag jégkérget alkotott. Sürgönydrótokon 38 mm vastag jég rakódott le. Két méternél nagyobb kerületű törzzsel bíró fák is ketté törtek a súlya alatt. A Budapesten 1915 március 6-án esett ólmoseső az 1·6 mm-es telefon-

[1] A felszálló légáramlat ereje akkora lehet, hogy kis békákat, apró halakat is felvisz a felhők közé, ahonnan aztán az esővel együtt esnek le a földre.

[2] A túlhűtéshez nyugalomra van szükség. A víz rázás és más zavarás nélkül —10 fokig lehűthető anélkül, hogy megfagyna. Ha az ilyen túlhűtött vizet megrázzuk vagy apró jégdarabot dobunk beléje, azonnal megfagy. A síkos jégpáncélt, mely veszedelmessé teszi a járdákat, nem mindig ólmos eső okozza. Néha a lehullott hó olvad el azonnal és fagy meg újra.

dróton 11 mm-es kérget alkotott. A kerti mályvára saját súlyának 33-szorosa rakódott le.[1]

Kristályos szerkezettel bíró csapadék a *hó*. Akkor keletkezik, ha a kicsapódás 0 fok alatt történik. A hókristályok hatszögletesek és számtalan változatot mutatnak. «Gyüjtésük» régóta folyik: rajzokat, mikrofotografikus fényképeket készítenek róluk. Ezek a képek alkotják a hókristálygyüjteményt. Bentley (Amerika) 1884. óta gyüjti a hókristályokat. Mikrofotografikus gyüjteménye 4200 *különböző* hókristályból áll. Még ma is csaknem olyan gyakran talál új kristályformákat, mint amikor a gyüjtést kezdte.[2] A hópelyhek sok hókristályból állanak. A lehullott hórétegnek nem kis jelentősége van a vetések sorsában: A szép fehér hóbunda védi a vetést az erős fagyoktól. Tavasszal elolvadva, megöli a földek káros élősdieit (mezei egerek), megduzzasztja a folyókat, nedvessé teszi a földeket.

A *jégeső* keletkezésének körülményei még nincsenek teljesen tisztázva. Gyors kicsapódásnak eredménye. Lehet, hogy túlhűtött felhőben keletkezik, melybe felülről hókristályok hullanak, amelyek közül a túlhűtött víz jégalakjában csapódik ki. Annyi bizonyos, hogy a jégszemek belsejében hókristályokat találni. A jégszemek alakja gömb vagy körte vagy korong. Alakjukból a keletkezésük körülményeire lehet következtetni. Ha a jégszem minden oldalról egyformán gyarapszik, gömbalakú lesz. Ha lefelé estében olvad és nem forog, vagy csak függőleges tengely körül forog, akkor körtealakot kap. Vízszintes tengely körül forogva viszont

[1] Réthly, Meteor. Zeitschr. 1916. 282. o.
[2] Az Időjárás, 1926. 187. o.

a centrifugális erő a széleken halmozza föl az anyagát: a jégszem korongalakúvá formálódik. A jégszemek rétegeződése arra utal, hogy hol esőtől, hol hótól gyarapodtak. Ugyanis a rétegek felváltva átlátszók és homályosak. A rétegződés továbbá arra enged következtetni, hogy a jégeső szeme — mielőtt leesett — hol felemelkedett, hol süllyedt. A jégeső erős felemelkedő légáramlatok idején tavasszal és nyár elején szokott keletkezni. Ilyenkor a magas levegőrétegek még hidegek, könnyen keletkezhetik labilis egyensúlyi helyzet, ami a levegőtömegek magasbatörését lehetővé teszi. A zivatarfelhők magasságában, 4000 méterrel a Föld színe fölött tavasszal —10 fok és még nyáron is —5 fok az átlagos hőmérséklet. Ősszel, amikorra a felsőbb levegőrétegek is átmelegedtek, ritkább a jégeső.

A jégszemek nagysága különböző. Esett már kilós jégszem is. A tyúktojásnagyságú nem ritkaság. Sebessége — mivel nagy magasságból esik — a puskagolyóéval vetekedhetik. Ezért rettegett csapása az emberiségnek. Letarolja a vetéseket. Pozdorjává zúzza a kalászokat, szecskává aprítja a gabona szárát, lekoppasztja a fákat, beveri az ablakokat, betöri a cserepet a háztetőn, agyonver állatot, embert egyaránt.

A *csapadék mennyiségét* azzal a magassággal mérjük, amilyen magasan borítaná a talajt, ha rajta maradna. Értékét milliméterekben (tizedpontosságig) szokás megadni. A szilárd csapadékoknál a megolvasztás által nyert vízmennyiség számít. A kiadós eső mennyisége 10—20 milliméter között van.

A csapadék eloszlása a Földön nagyon különböző. Nálunk a csapadék maximuma nyárra esik és februárban van a legkevesebb csapadék. Az egy év alatt lehullott

csapadék összege Magyarországon középértékben 600 mm. Az Alföld elég gyakran szenved pusztító szárazságtól. A világ legcsapadékosabb helye Indiában, a Himalája tövében levő Cserrapundzsi, ahol 11 méter az átlagos évi csapadék, de mértek már 20 méternél is többet. Vetekszik vele a Kamerun-hegység nyugati lejtője, ahol a csapadék évi középértéke 10·469 m, továbbá a Hawai-szigeteken levő Waiallale-vulkán teteje, ahol az első öt évről 12·090 m évi csapadékmennyiség adódott.[1]

A növények fejlődésére fontos napsütés időtartama a felhőzettől függ. Minél gyakrabban és az égnek minél nagyobb részét borítják felhők, annál kevesebb napsütés jut az illető vidéknek. Hazánk napsütésben gazdagnak mondható. 1800—2000-re rúg a napsütéses órák összege egy esztendőben.

[1] Termtud. Közl. 1926. 309. o.

VI. A légkör elektromossága.

Forró júniusi nap délutánja van. Az égen hatalmas kumuluszfelhők tornyosulnak, mintha gigászok hengerítenének egymás fölé óriássziklákat. Tompa dörrenések. Félelmet keltő morgások. Tikkasztó hőség. Az éneklőmadarak elhallgattak és elbújtak. Csak a fecskék vadásznak szorgalmasan az alantszálló rovarokra. Feszült hangulat, ijedt csönd borult a tájra. Egy felhő eltakarja a Napot. Egyszerre elsötétülnek a fényesfejű felhők is. Csak most látni a fejlődő vihar ijesztő méreteit. A felhők mögül — mintha titánok terelnék az egymás hegyénhátán torlódó felhőcsordát — tüzes ostorként csapnak ki a villámok... Hirtelen vakítóan fényes szalag fut le a felhőből a földre. Egy szempillantásra szívet megállító csend és rá eget-földet rázó csattanás. A föld dübörög, az ablakok rezegnek. Nem messze tőlünk egy szép sudár jegenyefa kettéhasítva, forgácsokra tépve, derékbatörve fekszik az árok partján. Elszenesedett csonka törzse úgy mered az égnek ott az út mentén, mint egy szomorú felkiáltójel vagy egy intésre emelt mutatóujj...

Mi volt ez a rettentő hatalom, amely kitépte ezt a szép életet a földből?... Honnan ez az égből leszakadó erő, mely úgy szénné égette a fa törzsét, mintha századok óta elkorhadt volna és nem élt volna még percekkel előbb is? Talán — miként Descartes-tal hitte a 17. század — mint sziklák szakadnak egymásra rop-

pant felhőtömegek és a felhőkben lappangó robbanó gázok gyulladnak föl erre a titáni kalapácsütésre? Nem. A felhők nem szikladarabok, hanem finomszemű ködök. És a villámok nem tüzes mennykövek, sem robbanó gázok fellobbanó lángjai. A villám testvére annak a szikrának, amelyet a foncsorozott bőrrel dörzsölt üvegrúdból csalunk ki és amely alig hallható sercenéssel ugrik át a kezünkre, s amelyet külön műszerrel az elektroszkóppal, elektromosságmutatóval kell észrevehetővé tennünk, annyira gyenge, annyira kicsiny. Ez a szikra és a villám rokonok, csak a méreteik mások. A villám az óriás, a szikra a törpe.

Tudvalevőleg legegyszerűbben dörzsöléssel keltünk elektromosságot. Így elektromosság keletkezik, ha foncsorozott bőrrel üvegrudat dörzsölünk, vagy ha ebonitrudat dörzsölünk meg állati szőrrel (pl. teveszőrszövettel). Csakhogy ez a két úton kapott elektromosság nem egyforma. Megmutatja a selyemszálon üvegrúdra függesztett két selyempapírkosár. Ha egyiket üveggel, a másikat ebonittal elektromozzuk, a két kosár vonzza egymást. Pedig ha mindkettőt üveggel vagy ebonittal tettük elektromossá, taszították egymást. Kétféle elektromosság van tehát: az üvegelektromosság, melyet pozitívnak mondunk és az ebonit (vagy gyanta)-elektromosság, melyet negatívnak hivunk. Az egyfajta elektromosságok egymást taszítják, a különnevűek egymást vonzzák. Az elektromosságot tartalmazó testet vezetőnek nevezzük. Ha két vezetőt, melyek mindegyikén másnevű elektromosság van, egymáshoz közelítünk, a különnevű elektromosságok vonzása annyira fokozódik, hogy szikra ugrik át egyik vezetőről a másikra, mire mindkét test elveszti elektromosságát vagy — amint

mondani szokás — töltését. A kétféle elektromosság szikra alakjában kiegyenlítődött. Ez a villám kicsiben. A villám is kétféle elektromosságnak szikra alakjában való kiegyenlítődése, kisülése.[1] Csirája ott van az atmoszférában akkor is, ha nyoma sincs a villámlásnak. A légkörben mindig van elektromosság.

Zárt üvegburába benyúló fémpálca végén, egymás mellett két vékony stanniolszalag lóg. Ha a fémpálca külső végét elektromosság éri, stanniolszalagok szétágaznak, fölemelkednek, mint a közlekedési rendőr karjai. Ez az eszköz az elektroszkóp. Lemezei azért ágaznak szét, mert mindegyikbe ugyanaz az elektromosság jutott, amelyek taszítják egymást és ezért felemelik az elektroszkóp két szálát. Annál jobban szétágaznak pedig az elektroszkóp szálai, minél több elektromosság jutott az elektroszkópra. Azt az okot, amely az elektroszkóp szálai fölemelésével munkát végez, elektromos potenciálnak vagy feszültségnek nevezzük. Mértékegysége a *volt*: a zseblámpaelem feszültségének $^2/_9$ része. Ha elektroszkópunk szálai mellé voltokra osztott skálát teszünk, kész az elektromos feszültséget mérő eszköz, az elektrométer.

A levegő elektromos viszonyait ilyen elektrométerrel kutatjuk. Elektrométerünk földre téve semmit sem mutat. A földön az elektromos feszültség zérus. Hosszú, vékony, jól szigetelt (selyemmel vagy gummival bevont) drót végére hegyes tűt teszünk, melynek vége égő gyertyába ér. (A gyertyát üveghenger védi az elalvástól.)

[1] A különnevű elektromosságok kiegyenlítődése történhetik vezetés útján is: ha pl. a két elektromos testet fémmel összekötjük, amikor is a kétféle elektromosság a fémvezetőn keresztül egyesül, de történhetik sugárzás útján is, mint pl. ritkított levegőn vagy más gázon keresztül.

A drót szabad végét ráerősítjük az elektrométerre. Ha most a gyertyát a lángjába érő tűvel együtt emeljük, az elektrométer szálai szétágaznak.[1] Annál jobban szétágaznak, minél magassabbra emeljük a lángot. A potenciál a magassággal egyenes arányban emelkedik. 100 méter magasságban 100-szor akkora, mint egy méter magasban. Az egy méterre eső feszültségváltozást potenciálesésnek vagy feszültségesésnek nevezzük. A feszültség-esés csendes, tiszta időben télen kb. 500 volt, nyáron 60 volt. Ez tehát annyit jelent, hogy nyáron az elektrométer minden méternyi emelkedés után 60 volttal többet mutat. Ez a feszültségesés azonban nem állandó, hanem térben és időben változik. Az egyenlítő fölött a legkisebb és a sarkok felé növekszik. Télen a legnagyobb, nyáron legkisebb. Értékének változása naponkint is hullámzást mutat: hajnalban és déltájt legkisebb és reggel és este legmagasabb értékkel. (Magas helyeken csak egy maximum és egy minimum van naponkint.) Értéke a levegő páratartalmától, hőmérsékletétől, a napsugárzástól, a légkör tisztaságától és a légnyomástól is függ.

A légkörben a mérések szerint pozitív elektromosság van, a föld pedig negatív elektromosságú. Hanem az elektrométerünkkel végzett néhány kísérlet gondolkodóba fog bennünket ejteni efelől a légköri pozitív elektromosság felől. Ha az elektroszkópot nem érintjük meg a megdörzsölt üvegrúddal, csak közeledünk vele feléje, máris szétágaznak a szálai. Annál jobban, minél közelebb tartjuk az elektroszkóphoz és minél több elektromosság van az üvegrúdon, azaz minél nagyobb az

[1] A drót végére hegyes tűt is tehettünk volna, de a fönt vázolt Exner (bécsi egyet. tanár)-féle berendezés érzékenyebb.

üvegrúdon felhalmozódott elektromosság feszültsége, potenciálja. Ha az üvegrudat eltávolítjuk, az elektroszkóp szálai ismét összeesnek. Ennek a jelenségnek megosztás a neve. Magyarázata a következő: Minden nem-elektromos testben van elektromosság, de mind a kétféle. Ezek egymást lekötik, semlegesítik. Amint az elektromozott üvegrúddal az elektroszkóphoz közeledünk, az üvegen levő pozitív elektromosság az elektroszkópban levő negatív és pozitív elektromosságot szétválasztja, mert a negatívot vonzza, a pozitívot taszítja. A szétválasztó erő annál nagyobb, minél nagyobb a megosztást létesítő elektromosság feszültsége és minél közelebb van a megosztó elektromosság. Ha a megosztó elektromosság megszűnik (pl. eltávolítjuk), a szétválasztott elektromosságok újra egyesülnek. — Minden elektromossággal megtöltött test tehát egy teret létesít maga körül, amelyben megosztólag hat. Ennek a térnek elektromos erőtér a neve. Az elektrométer az erőtér minden pontjában bizonyos fokú elektromosságot, elektromos feszültséget mutat anélkül, hogy ott tényleg elektromosság lenne, anélkül, hogy az elektrométer ott tényleg elektromosságot kapna. Most már méltán szöget üthet fejünkbe az a gondolat, hogy a légkör pozitív elektromossága nem tisztán megosztás eredménye-e. Hátha csak a Föld elektromos és annak erőtere hozza létre megosztás révén az elektromosságot az elektrométerben. — Igen, de az elektroszkóp szélei a megosztás megszűnte után összeesnek, az Exner-féle elektrométer szálai pedig valóban pozitív töltést mutatnak,[1] mert a gyertya visszahúzása után is szétágaznak.

[1] Hogy pozitív töltés van az elektroszkópban, azt pl. egy elektromossá tett üvegrúddal dönthetjük el: Ha megérintjük vele

Ez még mindig nem bizonyítja azonban a légkörben tényleg meglevő pozitív elektromosságot, mert az Exner-elektrométer drótja, légvezetéke csúcsban végződik (amelynek hatását a gyertya még növeli). A csúcsok pedig meglepő dolgokat visznek végbe megosztás révén! Ime: Ha a csúcsban végződő rézgömbbe elektromosságot vezetünk, az elektromosság a hegyes csúcson keresztül olyan hevesen áramlik ki a levegőbe, hogy az eléje tett gyertyát is elfújja, eléje tartott kezünkön szelet érzünk. Ha viszont az elektromos gép gömbje elé szigetelő (üveg) talpon álló és csúccsal fölszerelt rézgömböt teszünk, amelyben nincs elektromosság, aztán az elektromos géppel elektromosságot fejlesztünk, pl. pozitív elektromosságot, a szigetelt gömbvezető bizonyos idő mulva pozitív töltést mutat. Az egész megosztás műve: a pozitív elektromosság megosztotta a gömb kétféle elektromosságát, a negatívot a csúcson keresztül magához vonzotta, «kiszívta», a gömbön csak a pozitív elektromosság maradt. — Igy állhat esetleg a dolog a légköri elektromossággal is. Az Exner-elektrométer csúcsa szívóként működik. — Hogy a levegőben tényleg pozitív töltés van és nemcsak a föld elektromos erőtere adja az elektrométer szétágazását, az onnan lett világos, mert a feszültségesés bizonyos magasságtól kezdve megszűnik, a potenciál állandó értékű, ami csak úgy lehetséges, ha a levegőben pozitív elektromosság van jelen.

A potenciálesés változása az alsó levegőrétegekben arra mutat, hogy a Föld negatív elektromossága és az

az elektroszkópot és a szálak jobban szétágaznak, az elektroszkópban pozitív töltés volt, ha szálai összeesnek, negatív elektromosság volt benne.

atmoszféra pozitív töltése közt kiegyenlítődés, kisülés történik. Az elektromossággal töltött elektroszkóp szálai a levegőben elszigetelten is összeesnek bizonyos idő mulva, elvesztik elektromos töltésüket. Sokáig az volt a vélemény, hogy a levegőben úszó porszemek és lebegő vízcseppek — az elektroszkóp fémrúdjával érintkezve — vezetik el az elektromosságot. Linss azonban 1887-ben kimutatta, hogy a teljesen száraz és pormentes levegőben is kisül az elektroszkóp, elveszíti töltését. Tehát bizonyos mértékig a levegő maga is vezető. A levegőmolekulák egy része — talán rádióaktív kisugárzásokra, talán a nap ultraviola sugarainak hatására, talán a sugárnyomás útján a világűrből idejutott elektromos testecskék révén, talán a vízcseppecskék szétporlása következtében, talán valamennyi itt felsorolt ok együttes működésére — elektromos töltést kap. Ezeket az elektromostöltésű levegőrészecskéket iónoknak (vándoroknak) nevezték el. Az a törekvésük, hogy semleges állapotba kerüljenek, ellenkező nevű elektromossággal egyesüljenek. Igy egyrészük állandóan pusztul. Helyettük újak születnek. Egyik elmélet szerint a magas levegőrétegekben keletkezett iónok a Föld felé szállnak, ahová több negatívtöltésű ión ér el, mint pozitív; innen a Föld negatív töltése. Melyik elméletben az igazság? Nem tudjuk. Lehet, hogy mindegyikben, és az általuk hirdetett módok mindegyike hozzájárul a légkör pozitív elektromosságának létesítéséhez és feszültségének változásához. Az ión-elméletet a tények megerősítik. Csak az iónok keletkezésének kérdése tisztázatlan.

Gyökeresen megváltozik a légkör elektromosságának képe, ha egyszer a levegőben levő vízpárák gyorsan felhővé sűrűsödnek. A megfigyelők elektrométerei a

magasban szédületes potenciáleséseket mutatnak: 1000—8000—10.000 volttal változik a feszültség méterenkint. Aztán az elektrométer felmondja a szolgálatot. Gyakran megesik, hogy a magas pozitív potenciál (egy kisülés után) magas negatív feszültségre változik. A földszínhez közeleső rétegekben az elektrométerek csak akkor kezdenek rendellenesen viselkedni, mikor megindul az eső. Ekkor a földön is fenekestül felfordul a nyugalom. Az esőcseppek — negatív levegő-iónok és negatívtöltésü porszemek körül kondenzálódva — nagymennyiségű negatív eletromosságot hoznak a földre, minek következtében a Föld és felhők között a feszültség az eredetinek sokezerszeresére, sőt sokmilliószorosára emelkedhetik. Legyen például a felhő magassága 3000 méter. Eszerint a feszültség (Föld és felhő között) kb. 4 millió volt. Ez a feszültség azonban csak mintegy 16 méter hosszú szikrát adna. Ez a feszültség azonban az apró vízcseppeknek nagyobbakká egyesülésekor hirtelen irtózatos magasra szökken. Olyan feszültségre, amely rémületes villámszikra alakjában szakítja át a levegőréteget és szakad le a földre vagy üt át egy másik felhőbe,[1] sokszor 30—40 km távolságokon keresztül.

Sokszor tapasztalhattuk, hogy egy erősebb villámcsapásra megered az eső. A dolog azonban fordítva történik. Amint a felhő ködszemei vízcseppekké egyesültek és súlyuknál fogva lefelé esnek, vagyis a magasban megindul az eső, a feszültség többezerszeresre szökik, mire

[1] A villámelőidézte indukált áram feszültségéből következtetni lehet a villám feszültségére. A kísérletek szerint az indukált áram feszültsége 1%-a az indukáló feszültségnek. Eszerint az egymillió voltos feszültséget indukáló villám — ilyet is észleltek — feszültsége százmillió volt. L. Az Időjárás, 1927. 122. o.

villám alakjában csap le a szikra a földre vagy egy más felhőbe. Mivel sokszorta gyorsabban halad az eső hullásánál, megelőzi az eső földreérkezését.

Nem kell azonban azt gondolnunk, hogy a villámszikra több kilométer távolságon keresztül mindig közvetlenül üt át. Ehhez még a többmillió voltos mammutfeszültség se lenne elegendő. A villám egyszerű megfigyelése és főként fotografiái azt mutatják, hogy a villám útja nem egyenes, nem is zeg-zugos, hanem szabálytalan görbe vonal: a kisülés a legközelebbi töltésig (pl. felhőig) történik és onnan tovább.

A villám alakja sokféle. A természete is különböző. Leggyakoribb a vonalas villám, mely tüzes ostorhoz hasonlít. Legtöbbször elágazó és a fényképe olyan, mint a folyamrendszer a térképeken. Néha pókhálószerűen ágazik szét egy középpontból. Nem ritkán a földből csap az ég felé.[1] Van felületi villám is. Néha olyan, mintha láng csapna ki a felhőkből. A legtöbb a felhők mögött történt kisülés visszavert fénye — aminő a nyári estéken az ég alján látható villogás is — de néha a felhő egész felületén egyszerre keletkezik kisülés. Ez valódi felületi villám. — Ha a villámszikra egymásután üt át kistávolságú felhőkön, a ritka gyöngysorvillám tűnik föl, melynek létezését és optikai csalódástól való függetlenségét fényképfelvételek igazolják. Töpler szerint a vízcseppeken történő felületi kisülések adják, ha a kisülés útja már egy előbb lecsapott szikrával adva van.

Legcsodálatosabb villámfajta a gömbvillám. Nem mindennapos jelenség. Kutatásában a kezdet kezdetén

[1] Pl. Az Időjárás, 1916, 83. o. — A villám irányának megállapítását (utólag) Töpler módszerével l. Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik.[10] IV. köt., 1451. o.

vagyunk. Eredetét is, természetét is titokzatos homály fedi. A róla szóló híradásokat sokáig babonás félelem sugallta képzelődésnek tulajdonították,míg egészen hiteles megfigyelések is nem tanuskodtak létezéséről. Egyszerre megjelenik az ajtóban egy alma- vagy gyerekfejnagyságú tüzes gömb, végigjárja a lakásokat, kiszedi a falból a szögeket, kiveri a kanalat az étkezők szájából és nagy robbanással oszlik el a semmibe vagy eltűnik zajtalanul egy ablaknyíláson... és nem marad utána más, mint kénes bűz és babonás rémület.

A villám tehát a különnemű elektromosságok egyesülése szikra alakjában. Ostornak, vakító fényes görbe vonalnak látjuk, amint szalagnak látjuk a gyorsan mozgatott parázslóvégű pálcát vagy gyufaszálat: mert a szemünknek nincs ideje fölocsúdni az őt egymásután érő hatások alól, miértis az egyes képek egybefolynak, egybeolvadnak, mint a mozgófényképek. A közelebbi vizsgálatokból kitűnik, hogy a villám nem is egy szikra, nem is egy kisülés, hanem a kisülések egész sorozata, amely kisülések rendszerint az első szikra által leírt úton mennek végbe, ezért nem tudjuk megkülönböztetni őket. Ha azonban a fotografálógép lemezét oldalt elmozdítjuk vagy gyorsan forgatjuk, az egymásután következő kisülések képei egymás mellé kerülnek: a villám képe vastag szalag lesz vagy több egymástól megkülönböztethető és egymással csaknem teljesen párhuzamos villámkép.[1] B. Walter német tudós[2] készített ilyen felvételeket. Ezekből a fotografiákból megállapítható, hogy a fővillámot gyakran több kisebb kisülés előzi meg, amelyek nem

[1] Két sikerült képet közöl Müller-Pouillet, Lehrb. der Physik.[10] 1452–53. o.

[2] Müller-Pouillet, Lehrb. der Physik.[10] 1452. o.

érnek a földre, hanem utat készítenek a következő kisüléseknek, csöveket fúrnak számukra a levegőben. A többi szikra mind ezen az elkészített csövön üt át. Megesik, hogy erős szél ezt a csövet oldalt elfújja: ekkor a villám szalaggá szélesül a közönséges lemezen is.[1]

A villámot dörgés követi. Annál később, minél messzebb történt a villámcsapás, mert a hang kb. millióször lassabban jár a fénynél. Ha a villám fényének felvillanásától a dörgésig eltelt másodpercek számát 333-mal megszorozzuk, a villámcsapás távolságát kapjuk méterekben. A mennydörgéstől oktalanság félni, mert aki a dörgést hallja, azt nem érte villámcsapás, akit pedig megütött a villám, az nem hallja a dörgést. Nincs rá ideje. A dörgés és csattanás a villám hangja. A hang a levegő gyors sűrűsödéseinek és ritkulásainak egymásutánja, melyet a villám melegítő hatása okoz. Hogy a villám csattanását hosszú ideig tartó dörgés kíséri, mintha üres hordókat gurítanának a mennybolton, azért van, mert a csattanást a felhők visszaverik és a többszörös visszaverődés hangja adja a dörgést. Hegyek közt és városokban a dörgés még komplikáltabb, mert a visszhang keletkezéséhez a hegyek és házak is hozzájárulnak. Trowbridge[2] angol tanár kutatásai alapján valószínű, hogy a villám a levegőben levő vízgőzt hidrogénre és oxigénre bontja — mint az elektromos áram — aztán a hidrogén és oxigén keverékéből álló durranógázt felrobbantja; ez a robbanás idézi elő azokat a nagymértékű sűrűsödéseket és ritkulásokat, melyek a mennydörgést adják. Tény, hogy Trowbridgenek nagy szik-

[1] Ilyen villámkép látható Az Időjárás 1906. 264. o. és 1908. 247. o.

[2] Az Időjárás, 1905. 176. o.

ráknak vízgőzön való átüttetésével sikerült a mennydörgést utánoznia. Annyira hűen, hogy kénytelen volt fülét vattával bedugni és fejét gyapjúkendőkbe csavarni, hogy a keletkezett mennydörgésszerű zajt elviselhesse. A kapott szikrák színképe is egészen hasonló a villáméhoz. A villám színképében[1] a hidrogénnek, oxigénnek stb., szóval a levegőben levő gázoknak színképeit ismerték fel. A villám különböző színét is annak a gáznak izzó színe adja, amelyből legtöbb van útjában.

A villám tehát elektromos szikra. Hatásai olyanok, mint a Holtz-gép vagy az induktor szikráié, csak nagyobbak. Az elektromos gép szikrái átütik az üveget, szétforgácsolják a gyufaszálat, fölgyújtják az éteres vattát és ha vízzel telt üvegcsövön üttetjük át őket, szétrobbantják az egészet. Igy robbannak fel néha az élő fák, ha villám üt beléjük : a bennük keringő nedveket gőzzé hevíti a villám tüze, a hirtelen fejlődött gőzök ereje aztán robbanásszerűen dobja szét a fát, sokszor fűrészporrá aprítva szét az áldozatot.[2] Amit a villám művel, az borzalmasságban, érdekességben, változatosságban, különlegességekben, váratlan fordulatokban fölér a legizgalmasabb regénnyel. Csak néhány esetet közlünk mutatónak.[3]

Megesik, hogy a villám két ágra szakad, mindegyik lecsap a földbe, egymástól kilométerekre eső két helyen. Pl. 1901 júl. 15-én Oszéplakon (Nyitra m.) figyeltek meg egy kettős villámot. Egyik ága egy hídmérleg vasába szaladt, a másik a mezőn levő aratógépet csapta

[1] Az Időjárás, 1905. 70. o.
[2] Az Időjárás, 1905. 250. o.
[3] Akit érdekel, találhat Az Időjárás évfolyamaiban eleget.

agyon. A két lecsapási hely 9 km-nyire esett egymástól.[1]

1847 junius havában a biharmegyei Konyár község korcsmájába ütött egy gömbvillám. Aránylag lassan végigjárta az ivószobát, végiggördült a falon, kiszedte belőle a szögeket, leverte a képeket, betörte az ablakot, aztán az asztalra kushadt vendégeket gondosan kikerülve az ajtónak tartott. Ott összetalálkozott a belépő korcsmárossal. A gyomrának ment, nagy pukkanással szétrobbant. A korcsmáros holtan esett össze. A gyomrán egy narancsnagyságú nyilást égetett a villám.

1906 aug.-ban Bátyokon leütött a villám egy udvarba. A gazda épen kaszát kalapált. Kezében egy kasza. Mellette a földön is egy kasza. A villámcsapás után a két kasza eltűnt. Gőzzé olvasztotta a villám mindakettőt. A gazdának semmi baja se történt.[2]

Ezek enyhébb esetek. Vannak súlyosabbak is. Ime:[3]

Szilágymegyében a villám megölt egy fiatal anyát, amint gyermekét szoptatta. A gyermeknek semmi baja se lett. Az anyán se látszott semmi sértés. Mosolyogva nézte gyermekét — holtan.

1794 jún. 25-én a bálterem közepén ölt meg a villám egy asszonyt. A teste azonnal feloszlott. Alig tudták koporsóba szedni.

1867 máj. 29-én Franciaországban egy asszonyt ért a villámütés. A fejkötője elégett. A fél feje fényesre kopaszodott. A villám végigszaladt a testén egy karcolás

[1] Az Időjárás, 1912. 190. o.

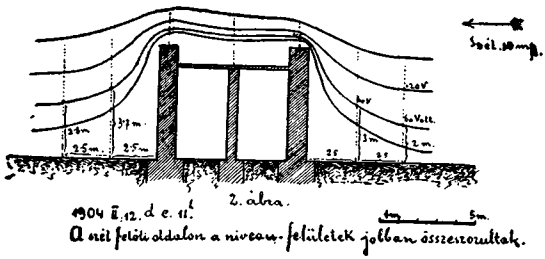
[2] Az Időjárás, 1906. 295. o.

[3] Bencsik: A lecsapó villám szeszélyei. Az Időjárás, 1919. 106—113. o.

nélkül. Cipőit ronggyá tépte anélkül, hogy a lábait megsértette volna. Más baja nem történt.

Egy gyereket abban a pillanatban ütött le a fáról a villám, amikor fészket akart szedni. Komolyabb baj nem esett vele, csak a madárfészek hű képét másolta le a villám a bőrére emlékül. Még a kis madárfiókák is jól látszottak a képen.

1769 aug. 18-án Brescia mellett egy erőd tornyába csapott a villám. 1 millió kg lőpor robbant föl és 3000



7. ábra. Magas tárgyaknak és szélnek hatása az egyenlő feszültségű felületekre.

ember veszett el. — 1755-ben Rouen mellett egy lőporraktárba ütött a villám. Két lőporos hordót szétforgácsolt és egy szem lőpor se robbant föl...

A legtöbb embert magányos fa alatt, toronyban, sík mezőn vagy futásközben ér a villám. Egyszerű magyarázata van ennek is, de az emberek nehezen okulnak, vakon menekülnek a zivatar elől fa alá, magas épület alá, vagy futnak ész nélkül egy kis megázás elől a halálba. A villám ott üt át, ahol kevesebb ellenállásra, ritkább levegőre talál. Az egyenlő feszültséggel bíró helyek a levegőben felületeket alkotnak, ezek (7. ábra)

a felületek kimagasló tárgyak tetejénél összesűrűsödnek. Ott tehát rövid távolságra nagy feszültségkülönbség esik. A villámcsapás ott valószínűbb.[1] Ha néha magas fák, tornyok mellett mégis alacsonyabb tárgyakba üt a villám, sokszor onnan van, hogy a villámcsapás nem közvetlenül történt, hanem olyan felhőbe, melyből az alacsonyabb tárgyba talált magának könnyebb utat.

A villámcsapás hatása gyengébb idegrendszerű emberekre és éber állapotban nagyobb. Csecsemők és részegek nem reagálnak rá annyira, mint felnőttek és józanok.

Az is figyelemreméltó körülmény, hogy a legtöbb halottat, akit közvetlenül ért a villámcsapás, hanyattfekve találták. Ugylátszik, még látták a villám fellobbanó fényét, a vakító világosságtól önkéntelenül hátrahőköltek és ebben a helyzetben érte őket a csapás.

A villám által halálra sujtott embereknek a száma szomorúan nagy. Hazánkban 1897—1915-ig 3289 embert sujtott agyon a villám,[2] magában 1913-ban 271-et. Az okozott anyagi károk is óriásiak. Amerikában az Egyesült-Államok Wiscousin államában 1924-ben 923.000 dollárra rúgott a villámcsapásokokozta kár. Az Egyesült-Államokban évenkint átlag 1200 ember sebesül meg és 500 hal meg villámütés következtében.[3]

Nagyvárosokban, ahol sűrű a telefon- és táviróvezeték, ritka a villámcsapás. Füstölő gyárkémények is egész környéküket védik. Vizek veszedelmesek, de belé-

[1] Az ábrán az egyenlőfeszültségű felületek a szél miatt a jobboldalon még inkább összeszorulnak.

[2] L. Szalay-Ujfalusy László cikkeit Az Időjárás-ban. Főként: 1902. 221—237. o. és 1918. 176—184. o. és Termtud. Közl. 1904. 414. füzet és 1916. 747. o.

[3] Az Időjárás, 1926. 90. o.

jük üt a villám. Ezért folyók, tavak, mocsarak jó villámhárítók. Vízszegény területen álló magányos épületek veszedelmes villámcsalogatók. Magányos házak, fák, erdőszéle a villámnak kedvelt céltáblái. A fák, a statisztika tanulságai szerint[1] nem egyformán vonzzák a villámot. A villám kedvenc fája a tölgy. A bükköt feltűnően kerüli. Ebből az lenne a tanulság, hogy ha már fa alá áll valaki és válogathat a fákban, hát a bükkfa alá álljon. Eleve elzárkózom azonban minden felelősségrevonás és kártérítési igény elől, mert ezt én tudom, de nem biztos, hogy a villám is tudja. Mert, amint valaki szellemesen megjegyezte: a villám nem tanult fizikát. Statisztikát sem. A statisztika pedig még csak azt se mondja, hogy nem üt bükkfába a villám, hanem csak hogy ritkán üt. Ez pedig egészen más. Senki se lehet biztos, hogy nem az ő fája lesz-e a «ritka kivétel». Csalánba sem üt a mennykő, mint a közmondás tartja. Valószínűleg nem azért, mert fél a csaláncsípéstől, hanem mert a csalán nem valami kimagasló jelenség. A fák már inkább. És bár amerikai vizsgálatok szerint a villámsujtotta fák 72%-a erdei szurkosfenyő, az egyedülálló magas fa mindig csalogató céltábla a villámnak, ha szurokfenyő, ha más.

Hajóba már ütött villám, repülőgépbe is léghajóba is. Vonatba igen ritkán.[2] 1904-ig mindössze 10 eset jutott napvilágra, melyek mindegyike megegyezik abban, hogy a villám akkor ütött a vonatba, amikor elindult vagy megállani készült. Az utolsó kocsik és a fékező bódéja van leginkább veszedelemben. Tíz eset közül

[1] Az Időjárás, 1927. 122. o. Termtud. Közl. 1927. 478. o.
[2] Az Időjárás, 1905. 68. o. Termtud. Közl. 1904. 414. füzet.

négyben a fékezőt ütötte agyon a villám és négyben az utolsó kocsiba vágott.

Az ember nemcsak fél a villámtól, hanem igyekszik ellene védekezni is. Igaz, hogy a védekezésben ma sem vagyunk sokkal messzebb Franklinnál, aki 1752-ben Filadelfiában végzett sárkánykísérletei közben[1] jutott rá a villámhárító gondolatára. A Franklin-féle villámhárító (1765) erős, hegyes acélrúd, mely az épületek legmagasabb pontjain van elhelyezve és 15—25 mm átmérőjű cinkezett vasdrótkötéllel a nedves földdel, talajvízzel vagy kútvízzel van összekötve. Jóvezető összeköttetésben áll e földvezetékkel az épületeknek minden nagyobb fémdarabja is (vasgerendák stb). A villámhárító a belé ütő villámot a földbe vezeti. Mivel a villámnak jó céltáblája, veszedelmesebb — ha rossz — mintha nem lenne. Amit a villámhárító csapástmegelőző, a villám elektromosságát szívók módjára elvezető hatásáról hinni szokás jelentéktelen. Csak addig számbavehető, míg a feszültség aránylag lassan nő. Villámcsapások azonban hirtelen feszültségváltozásokra keletkeznek, akkor pedig úgy, belevág a villám a villámhárítóba, hogy csak úgy reng belé a ház. Ezt egyszerű kísérlettel igazolhatni. A kisütővilla gömbjére tűt vagy hegyes drótot teszünk. Ha így tartjuk a kisütővillát az elektromos gép gömbjéhez közel, nem kapunk szikrát: az elektromosság állandó sercegés közben egyenlítődik ki a csúcson át. Ha azonban a gépet előbb meghajtjuk és hirtelen közeledünk a csúcscsal a gép gömbjéhez, a szikra szabályszerűen belevág a csúcsba (sőt néha melléje!).

[1] Ezekkel a kísérletekkel igazolta, hogy a villám is elektromos szikra.

A Melsens-féle villámhárítóknál a fémrúd is elmaradt, csak az erős földvezeték maradt meg, amely több helyen vezet az épületről a földbe és rajta az épület magas pontjain három csúcs (rózsa) van. Ezek a szívók.

A táviró és telefon vezetékének, erősáramú elektromos vezetékeknek speciális villámhárítóberendezéseik vannak, melyeknek ismertetése nem ide tartozik.

A villám a légkör elektromosságának szikra alakjában való kiegyenlítődése. Keletkezése zivatarokkal van összekötve. Heves és gyors kondenzációk születésének feltételei. Russel angol tudós szerint[1] a levegőben fölfelé szálló elektrónok vannak. Ezek a magasban kondenzációmagokká válnak. Köréjük csapódnak le a gőzből kiváló apró vízcseppek. Az apró vízcseppek összefolynak, majd a légáramlások szétporlasztják őket, miért negatív elektromosakká válnak, míg a nagyobbak pozitívtöltésűek. Lehullásuk közben a feszültség annyira emelkedhetik, hogy villám keletkezik.

A villámban kibomló feszültségek óriásiak. Pockels[2] (1901) megmérte a villám által képviselt áram erősségét is. A villámhárító levezetődrótjára deszkadarabra erősített bazalthasábot szerelt. A villámcsapás mágnessé tette a bazaltot, amelynek mágneses mennyiségéből a mágnesező áram erőssége kiszámítható. Pockels azt találta, hogy a villám 6000—10.000 ampère[3] áramot szolgáltatna egy cm^2 keresztmetszetű vezetőben. Roppant nagy áramerősség ez, de csak egy pillanatig tart. Összehasonlítá-

[1] Termtud. Közl. 1925. 311. o.

[2] Müller-Pouillet: Lehrb. der Physik[10]. IV. k. 1451. o.

[3] Egy ampère annak az áramnak (áramlásban levő elektromosságnak) erőssége, mely vizen keresztül bocsátva, abból egy perc alatt 10·44 cm^3 durranógázt fejleszt.

sul gondoljuk el, hogy izzólámpáink 100 volt feszültség és 200 ohm[1] ellenállás mellett fél ampère-ral világítanak! A légköri elektromosság energiáját nem tudjuk kihasználni. Nyugodt, nemzivataros időben az egész föld elektromos töltése nyolc nagyobbfajta akkumulátor töltésével egyenlő. Ezzel igazán nem lehetne mit kezdeni. A zivatarelektromosságban jelentkező hatalmas energiák pedig csak egy pillanatig tartanak. Feszültségük is olyan nagy határok közt változik, hogy a ma ismert gépekkel föl nem dolgozhatók. Nem is szólunk arról, hogy zivatar közben az elektromos töltések előjele is pillanatok alatt ellenkezőre változik. (Pozitív elektromosságból negatívba csap át.)

A légköri elektromosság kiegyenlítődésének a villámnál szelídebb formája a Szent Elmo tüze, vagy Szent Ilona tüze, mely mint sercegő tüzes sugárkéve vagy tüzcsóva jelenik meg zivataros időben a villámhárítók csúcsán, árbocok végén, zászlórudak tetején stb. Laboratóriumi rokona az elektromos gép mindkét gömbjén sötétben látható kis fényes pamat, illetőleg fénylő pont, mely a csúcsok hatásával rokon: benne az elektromosság áramlik ki a nedves levegőbe. A babonás hajósok félnek tőle. Zivatar hírmondójának tartják, amiben sokszor igazuk van. A kiáramló pozitív elektromosság pirosszínű fénypamat. A negatív elektromosság kékesfényű virágkehelyhez hasonló alakban áramlik ki.

[1] Egy ohm ellenállása van a kb. 8 méter hosszú négyzetmilliméter keresztmetszetű vasdrótnak.

Az atmoszféra fénytüneményei.

Ha csillagos éjjel föltekintünk az égre, olyan az égbolt, mint egy fölénkboruló sötét félgömb, melyen mint ezer meg ezer pontszerű nyíláson szűrődik át valahonnan a csillagok fénye. Hová lesz az égről a nappalok kék ragyogása? Miért fekete éjjel az égbolt? És miért kék nappal az ég? Nappal is feketének kellene lennie, ha teljesen tiszta lenne a levegő. A Nap mint fehéren ízzó korong úszna az égen és nappal is ragyognának a csillagok. Hogy nem így van, annak — miként már említettük — a levegőben kószáló nagyon apró szilárd részek, porszemek az okai. Kisebbek, mint a fénynek durvább, vörös, narancsszínű és sárga rezgései, azok hát elrohannak mellettük, de a finom kék rezgések beléjük botlanak, összeütköznek velük és összeütközés után szerteszét szóródnak, nem egyirányban rohannak, mint addig. Ezek a szétszóródó kék rezgések kiválnak az összességükkel fehéret adó fényrezgésekből és kékre festik a levegőt. Ha tiszta és nyugodt az atmoszféra, akkor kevesebb rezgés szóródik szét, az ég színe annál sötétebb, annál fénytelenebb. Amikor viszont sok az apró por a levegőben, nemcsak a kék, hanem a másszínű rezgések is szétszóródnak és az ég színe fehéres lesz. Nagy melegek idején ez a fehéres szín a légkörben felfelé szálló légáramokat jelzi, amelyek könnyen zivatart szülhetnek. — Éjjel sötét az égbolt, mert nincsenek benne szerteszét

szórt napsugarak. — Minél több rezgést szór szét az atmoszféra a Nap sugaraiból, annál kevésbbé látszik fehérnek a Nap maga. A fehér szín az összes rezgések együttese. Ha hiányzanak belőle a kék rezgések, sárgás lesz a színe. A Nap is annál sárgásabb, minél több rezgést tart vissza az atmoszféra. Ha sárga- és narancsszínű rezgések is szétszóródnak a levegő porán, vörösre válik a Nap színe. Ez történik napkeltekor és este, mikor a Nap nyugovóra tér. A látóhatár mentén, a talajhoz közel sokkal több durvábbszemű por van a levegőben, mint a magasban, vastagabb és sűrűbb levegőrétegen is vezet át a napsugarak útja, hát nem csoda, ha csak az egészen durva vörös rezgések jutnak el hozzánk a Napról. A tárgyakat pedig olyan színűnek látjuk, aminő sugarak róla a szemünkbe jutnak, tehát a Napot a látóhatár mentén vörösnek látjuk.

A színeknek az a játéka, amely napnyugtakor és napkeltekor elönti az eget, már más okok szüleménye. A porszemek mint apró ernyők takarják el a sugarak egy részét, a mellettük elsuhanó rezgések összetevődnek és létrehozzák azt a vörösben domináló csodálatos színskálát, mely az ég alján alkonyatkor és hajnalban látható. Az ég vörös fénye fantasztikusan világítja meg a tárgyakat, felhőket egyaránt. Amíg napnyugtakor erősen világos a nyugati ég alja, addig a keleti égen sötét csíkként emelkedik a látóhatár fölé a Földnek a Nap által a poros levegőre vetített árnyéka. Az atmoszférának köszönhető, hogy van hajnal és van esti szürkület. Ha nem volna, átmenet nélkül hasadna fel nappallá az éj sötét burka és úgy esne ránk az éjtszaka, mint egy fejünkre dobott nagy fekete kendő.

Amikor a Nap hanyatlóban van és szakadozott fel-

hőzet között vezet útja, gyakran törnek ki a felhők mögül legyezőszerűen szétágazó sugárkévék, mintha küllői lennének valami égi keréknek, amelynek agya a Nap... A Nap sugarai ezek. Láthatóvá teszi őket a levegőben úszó por és a tömérdek apró vízcsepp, akár a sötét szobába lövellő sugárkévét a szobában uszkáló por. Az égbolt sugárkévéi végigszántják az atmoszféra fölöttünk levő részét és keleten látszólag újra egy pontban futnak össze. Pedig párhuzamosak és csak azért látszanak összehajlóknak, amiért a távolodó vasuti síneket összehajlónak látjuk.

Napsugarak az atmoszférában... Azt tanulta az ember, hogy a fény egyenes vonalban terjed. No, a fénysugár útja a légkörben minden, csak nem egyenes! Az egyenesvonalú terjedés ugyanis csak egynemű, egyenlő sajátságú (egyenlő sűrűségű) közegekre áll. Mihelyt a fény új, más természetű közeghez ér, mint amelyben eladdig haladt, megváltoztatja az irányát: törést szenved. Ez mindig megtörténik, valahányszor a fény új tulajdonságú közeghez érkezik. A levegő pedig ilyen folyton változó közeg, mert felülről lefelé állandóan sűrűbb lesz. A fénysugarak tehát egyre lefelé hajlanak, amint a Föld színéhez közelednek. Ha a levegő sűrűsége lefelé egyenletesen nagyobbodnék, a fénysugarak szabályos lefelé hajló görbe vonalak mentén érkeznének hozzánk. Mivel azonban a levegő sűrűsége a benne folyó áramlások miatt nem egyenletesen változik, a napsugarak szabálytalan görbe vonalak. Ez a szabálytalan görbe vonal nem észlelhető, mert a napsugarak láthatatlanok. Ha meg láthatókká válnak, csak kis darabon láthatók, amikor is egyeneseknek látszanak. Nem is ebben van ennek, az asztronómiai sugártörésnek nevezett jelenségnek a jelen-

tősége, hanem abban, hogy az égitesteket — a függélyesen fejünk fölött állókat kivéve — mindig magasabban látjuk, mint ahol vannak. Szemünk ugyanis mindig ott látja, abban az irányban látja a tárgyakat, amely irányba a sugár utolsó, szemünkbe érkező darabja mutat. (Ezért látjuk pl. prizmán keresztül egészen más irányban a dolgokat, mint ahol vannak.) Az asztronómiai sugártörés a nappalokat meghosszabbítja, mert a Napot a látóhatár szélén reggel is, este is megemeli. Az asztronómiai sugártörés az oka annak is, hogy a Nap és a Hold képe a látóhatár szélén nem köralakú korong, hanem lapos: az asztronómiai sugártörés alsó szélüket jobban megemeli, mint a többi részüket. Ezért van az, hogy holdkeltekor a Hold úgy válik el a látóhatár szélétől, mintha nyúlós csepp volna. Szinte leragad a széle a látóhatárhoz: majd egyszerre leválik róla és az alja felhúzódik, mintha az elszakadásokozta lendület emelné fel.

A különböző sűrűségű levegőrétegeken való sugártörés és tükrözés adja a délibábot, ezt az erősen felmelegedett földek fölött lebegő csalfa tündért is. A tárgyak megemelve látszanak, alattuk saját tükörképük. Néha mintha csendes tó partján állanának fák, házak, kutak és a tó tükrében a fordított képük. Nem egyszer — ha nagyfokú a sugarak törése — igen messze eső dolgok válnak láthatókká. A délibáb[1] keletkezésének az a feltétele, hogy a talaj felett közvetlenül jóval ritkább legyen a levegő, mint pár méterrel magasabban. Hűvös éjjelek utáni gyors felmelegedés kedvező feltétele keletkezésének.

A levegő különböző sűrűségű rétegeinek keveredése — erős felszálló légáramlások esetén, heves be-

[1] Az Időjárás, 1923. 95. o.

sugárzásoknál — oka lehet a légkör zavarosságának akkor is, ha a levegő különben tiszta. A különbözően törő levegőrészekben a fény szétszóródik, a levegő zavaros, átlátszatlan lesz, mint a porrá zúzott üveg. A légkörnek ezt a zavarosságát a porokozta mechanikai zavarosságtól megkülönböztetendő optikai zavarosságnak nevezzük. Ugyanúgy lehet az időváltozás jele, mint a légkör mechanikai zavarossága.

A mindenki által ismert szivárvány akkor keletkezik, ha az ég egyik fele borult, másik felén süt a Nap, közben esik az eső. Nyugaton is, keleten is keletkezhetik. Az előbbi azért gyakoribb, mert délután gyakrabban esik az eső, mint reggel. Úgy keletkezik, hogy a napsugarak az esőcseppek belsejében visszaverődnek és kilépve színekre bomlanak, mint a prizmán. A szivárvány színei a színkép színei. Kívül a vörös, belül az ibolya. Ha a nap sugarai kétszer verődnek vissza az esőcsöppek belső falán és azután lépnek ki színekre bomlottan, a mellékszivárvány keletkezik, melynek színei fordított rendben következnek, mint a főszivárványé. A különböző nagyságú esőcsöppekből különböző irányban kitért sokféle színű sugár találkozhatik egymással; összetevődik a hatásuk és eredményezi a szivárványok színekben, árnyalatokban és szélességben gazdag változatát. A kilépő sugarak úgy is egyesülhetnek, hogy fehér szivárvány keletkezik. — Néha a Hold fénye is szivárványt rajzol az eső cseppjein. — Ha a köd szemein törik meg a napsugár, ködszivárvány keletkezik. Néha az ember saját árnyéka is rávetődik a ködre. Ijesztő módon nagynak látjuk ilyenkor az árnyékunkat, mert a vak ködben nem tudunk tájékozódni és az elmosódó szélű árnyékot messze levőnek gondoljuk s ezért igen nagynak képzeljük.

Ha üveglapra rálehelünk és távoli lámpa felé nézünk át rajta, a lámpa körül mint gloriola jelenik meg az «udvar» a színkép színeivel, de belül a lila, kívül a vörös színnel. A Nap és a Hold körül is látható, ha apró vízcseppek vannak a levegőben. Minél nagyobbak a vízcseppek, annál kisebb az udvar. Ezért mondják, hogy «kis udvara van a Holdnak, eső lesz».

A Nap és a Hold körül derült időben (különösen télen) látható gyűrűket, a levegőben úszó jégkristályok okozzák. Megtörik rajtuk a fény s még elhajlást is szenved, mint az udvarok keletkezésénél.

Az égboltozat laposnak látszik. A teteje mintha közelebb volna, mint a széle. Csak látszat. Az ég «boltozata» maga is csak látszat. Hogy laposnak látjuk, annak több oka lehet. A felhők, és a szemünk berendezése is segít hozzá. A látóhatár felé tárgyak vannak, melyekhez mérni, hasonlítani tudjuk a távolságot: nagyobbnak látjuk, mint ott, ahol közben semmi összehasonlításul szolgáló tárgy nem adódik. Az egyenes utat jóval rövidebbnek látjuk, ha nem szegélyezik fák az út mentét, mintha van mihez mérni a távolságot. Aztán a levegő a látóhatár mentén mindig porosabb és így homályosabb, mint fölfelé. Már pedig minél homályosabbnak látjuk a tárgyakat, annál messzebblevőknek gondoljuk őket. Tiszta időben pl. a távoli hegyek nagyon közel látszanak.

Bizonyára mindannyian láttuk már, milyen feltűnően nagyobb a kelő vagy nyugvó Nap és Hold, mint az égen járó. Különösen a Hold ijesztően nagy, amikor tele vörös arcát feltolja a keleti égen. Ennek az okát is többféleképen magyarázzák. Egyesek szerint ha fejjel lefelé nézzük a kelő Holdat, akkorának látjuk, mint amikor fönt jár az égen. Mindenki megpróbálhatja. Nem kell

épen a fejetetejére állania, csak le kell hajolni mélyen és vissza kell nézni a Holdra.

Befejezésül még megemlítjük, hogy a Nap direkt fénye meg az égboltozatról visszavert fény közt nemcsak fényességbeli különbség van. A Nap közvetlen fénye természetes fény, benne az éter részecskéi a terjedés irányára merőleges síkban minden irányban rezegnek. Ha ú. n. Nicol-prizmán[1] át vizsgáljuk és a nicolt tengelye körül forgatjuk, a fény ereje észrevehetően nem gyöngül. Nem így az égboltról nyert fény: a nicol bizonyos forgási szöge mellett az égbolt elsötétedik. Ez a fény poláros. Benne az éterrészecskék már csak egy egyenesben rezegnek és ha a nicollal megtört poláros sugár rezgéssíkját megfelelően elfordítjuk, a rezgések nem láthatók.

[1] Kettősen törő izlandi mészpátkristályból készült mérőeszköz, amellyel a sarkított (poláros) fény előállítható és felismerhető. Nevét felfedezőjétől kapta, aki 1828-ban készített először ilyent.

VIII. A meteorológia hadállásaiban.

Nagyjában áttekintettük a meteorológiai ismeretek alapvető részét. A tudomány azonban élő, változó, fejlődő valami. Soha sincs benne megállapodás. Frontjai mint az egyre nagyobb arányokban felfejlődő hadseregnek frontjai. Nem messze nyúló kezdeteinél csak egymástól elszigetelt csatározások folytak a tudományos igazságért. Ma átfogja az egész világot. Nagy arányokban kifejlődött szervezetében és hálózatában nagy tervek, átfogó gondolatok, egységes elvek szerint folyik a küzdelem. A továbbiak megértéséhez hasznos lesz megismerkednünk a tudomány hadállásaival. Jó lesz áttekintenünk a meteorológia anyagszerző szervezetét és hálózatának működését. Ebben a fejezetben látogatást teszünk a tudomány frontjain. Hadállásaiban keressük meg az igazságért küzdő tudományt. Módszereinek megismerése, megfigyelőhálózatának megtekintése megkönnyíti számunkra a továbbhaladást.

A meteorológiai hálózatok átfogják úgyszólván az egész világot. Előretolt őrszemei a tengereken cirkálnak a hajók fedélzetén és a jégmezők határain vertek tábort. Fellegvárai magas hegycsúcsokon figyelik az atmoszféra életét. A görög istenek lakóhelyén, az Olymposon is nemsokára megjelenik az amerikai meteorológusok által alapítandó meteorológiai obszervatórium.[1]

[1] Termtud. Közl. 1928. 189. o.

Ballon sonde-jeival a magas levegőrétegek titkait feszegeti. Politikai határok szerint elkülönült egységekre oszlik, de a nemzetközi együttműködés elve sok vonatkozásban megvalósult és egyre jobban tért hódít. Alakulóban van egy Nemzetközi Meteorológiai Intézet.[1] Szükségességét az adja meg, hogy a légkör fizikájának tanulmányozásához (elsősorban az időjárás törvényeinek kikutatásához) minél nagyobb területről, egységes elvek és célok szerint összegyüjtött anyagra van szükség.

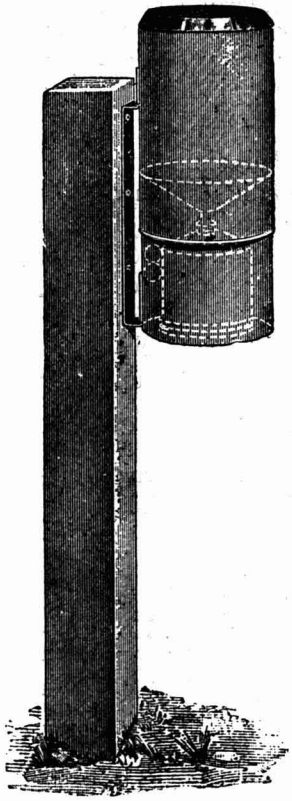
Az egyes államok keretein belül a meteorológiai intézetek szervezik a hálózatot, vezetik és irányítják a megfigyeléseket, gyüjtik össze az adatokat és dolgozzák fel az anyagot. Nálunk a *Magyar Királyi Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet* a centrum. A többi országok intézeteinek hasonló neve van. Nálunk a földmívelésügyi minisztérium hatáskörébe tartozik. Franciaországban és Angliában a hadügyminiszter a meteorológiai intézetek legfőbb ura.

Ne kezdjük azonban az ismerkedést a főhadiszállással, menjünk inkább ki az őrhelyekre. Lépésenkint ismerkedjünk meg a meteorológiai anyaggyüjtés munkájával. Ha a Meteorológiai Intézetben kezdjük az ismerkedést, nehezebb lesz az áttekintés.

Kezdjük a legegyszerűbbel, a csapadékmérő-állomással. Negyedrendű állomásnak is mondjuk. Nem sokból áll a felszerelése. Kívül fehérre festett bádoghenger függ 1—1·5 m magas oszlopon. (8. ábra.) A belsejében tölcsér vezeti a belehullott csapadékot a gyüjtőedénybe. Reggel 7 óra van helyi idő szerint. Az állomás vezetője leemeli a felfogóhengert az oszlopról és

[1] Az Időjárás, 1927. 121. o.

azonnal egy másikat tesz a helyére, hogy a gyüjtés fennakadást ne szenvedjen. A levett esőmérőt beviszi a házba. Közben elmondja, hogy az esőmérő azért van messzebb a háztól, mert teljesen szabadon kell állania. Ha a ház mellett volna, vagy fák, magas bokrok vennék körül, a csapadék nem hullhatna szabadon a csapadékmérőbe (ombrométerbe). Beértünk a szobába. Az észlelő leemeli a henger felső részét, kiveszi a gyüjtőedényt és tartalmát hosszú üveghengerbe önti, melynek oldalán azonnal leolvasható, hány milliméterre rúg a csapadék. Közepes eső volt. 7·6 millimétert mutat a mérőhenger. Jegyzőkönyvbe kerül. Meg azonnal rávezeti az észlelő a sürgönyre is. Kinézi a jegyzőkönyvéből, mennyi volt tegnap délben a hőmérséklet. Ezt is beírja a sürgönybe, valamint azt is pl., hogy a hó elolvadt. A sürgöny a földmívelésügyi minisztérium Vízrajzi Osztályának szól. Már indulnak is vele a postára, mert nyolc előtt el kell mennie. Mi is elkövetkezünk.

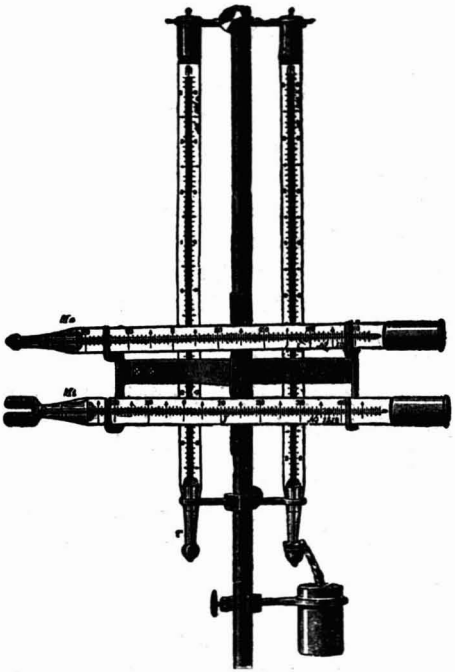


8. ábra. Hellmann-féle csapadékmérő.

Másodrendű állomásra visz az útunk. A harmadrendű állomás meglátogatását megtakarít-

juk magunknak. Mindazt megtaláljuk a másodrendű állomáson, amit ott látnánk. Itt már több dolog van. Naponkint háromszor: 7-kor, 2-kor és este 9-kor történik az észlelés (helyi idő szerint). Épen a délután 2 órai észlelésre érkeztünk. Az észlelő noteszformájú könyvecskével és ceruzával a kezében indul az észlelésre. Első útja a barométerhez vezet. A falon lóg kályhától, ablaktól messze. Magassága a tengerszín fölött deciméter pontossággal meg van határozva. Pontos műszer. Mikrométercsavarral állítható nóniusz van rajta. Ennek segítségével olvassuk le (alsó szélét a higany felső nivójára beállítva) a légnyomást tizedmilliméterig. Az észlelő azonban előbb a barométer fémcsövére erősített hőmérőn olvassa le a hőmérsékletet, mert észlelés közben a test melegétől, lehelettől a hőmérő állása megváltozhat. A hőmérséklet bejegyzi a könyvecskéjébe. Kissé megkopogtatja a barométert. Beállítja a nóniuszt és a leolvasott légnyomást is beírja a könyvecskébe. Most aztán megyünk a szabadba. Ott van a többi műszer. Fehérre festett redőnyös faházikó ajtaját ereszti le az észlelő. Belsejében vasállványon két pontos higanyhőmérő látható. A Celsius-fok tizedrészét is le lehet róluk olvasni. Az egyiknek alsó végére fátyolszövet van erősítve, melynek befonott vége a hőmérő alá tett, vízzel telt kis csészébe nyúlik. (9. ábra). Ez a hőmérő kevesebbet mutat, mint a másik. Azért mutat kevesebbet, mert a fátyolszövetre fölszívódott víz párolog és hűti a hőmérő gömbjét. Minél gyorsabban párolog a víz, annál nagyobb a száraz hőmérő és a nedves hőmérő között a különbség. A párolgás viszont annál kevesebb, minél kevesebb pára van a levegőben, vagyis minél kisebb a levegő nedvessége. Ez a hőmérőpár — melyet külön-

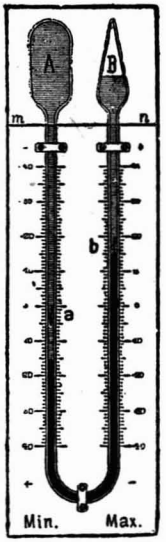
ben August-féle pszikrométernek neveznek — tehát nemcsak a levegő hőmérsékletét mutatja (a száraz hőmérő), hanem a levegő nedvességét is megmondja. Kész



9. ábra. August-féle pszikrométer Fuess-féle max.-min. hőmérőkkel.

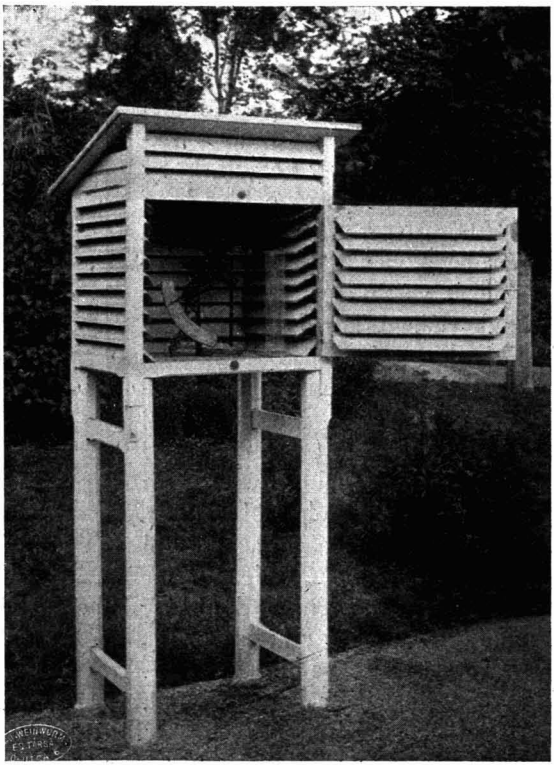
táblázatok vannak, melyekből a nedvesség kiolvasható. Esetünkben például a száraz hőmérő 5 C°-t, a nedves hőmérő 3 C°-t mutat, a kettő között a különbség 2 C°. A táblázat azt mutatja, hogy a levegő nedvessége 72%.

Ezt azonban az észlelő most nem számítja ki. Csak bejegyzi a hőmérők adatait. A levegő nedvességét közvetlenül százalékokban tudja leolvasni a hajszálas higrométerről. Ez bizony egyszerű eszköz: zsírtalanított szőke női hajszálköteg kis súllyal kifeszítve. A levegő nedvességét magába szívja és annál jobban megnyúlik, minél nedvesebb. Megnyúlását a mutató nagyítva adja. A skála úgy készült, hogy azonnal a levegő nedvessége olvasható le róla. Még nem megyünk tovább. A hőmérőházikóban még egy eszköz lóg: mindkét végén zárt U-alakú cső. (10. ábra.) Hajlása körül higany van. A higany fölött mindkét szárban alkohol. Az egyik szár hengeralakban végződik, a henger is tele van alkohollal *(A)*. A másik szár fölött az edény *(B)* nincs egészen alkohollal töltve, hanem az alkohol fölött alkoholgőzök vannak. Ha a hőmérséklet emelkedik, az alkohol kitágul, az egyik csőben a higanyt lenyomja, a másikban fölemeli. A higany a mérleg. Előtte úszik egy kis acélpálca, azt maga előtt tolja. Ha a higany visszahúzódik, az acélpálcika a helyén marad. Apró, lefelé irányuló kis tüskék tartják fönn. Mágnessel kell lehúzni, ha újra akarjuk kezdeni a mérést. Ha viszont a hőmérséklet csökken, az alkohol összehúzódik és a másik szár fölött levő alkoholgőzök visszanyomják az alkoholt és a higanymérleget. A másik szárban emelkedő higany ismét acélpálcikát tol maga előtt, mely a higany visszavonu-



10. ábra. Six-féle max.-min. hőmérő.

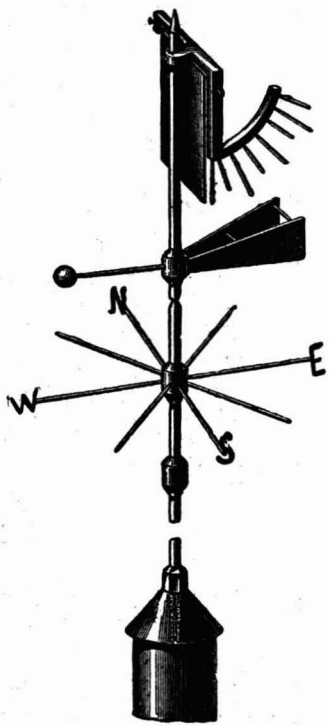
lása után is helyén marad és az eddig uralkodott legkisebb hőmérsékletet mutatja. Miután az észlelő ennek



11. ábra. Redőnyös házikó párolgás-mérővel.

a Six-féle maximum-minimum hőmérőnek a működését is elmagyarázta, becsukja a házikó északnak nyíló ajta-

ját. Nem ír a jegyzőkönyvébe mást. A maximális és minimális hőmérséklet feljegyzése az estéli észleléskor történik. Miközben a szélzászló felé megyünk, elmondja, miért kell a hőmérőket redőnyös házikóban tartani. (Ilyenfajta házikó látható a 11. ábrán.) A hőmérőknek szabadon kell lenniök, mert a levegő hőfokát kell mérniök, de viszont a Nap közvetlen sugárzásának se szabad a hőmérőket érnie, mert akkor nem a levegő hőmérsékletét mérnék, hanem a sugárzásból elnyelt meleget. Ez a házikó szellős. A levegő nem szorul meg benne. Az ajtaja azért nyílik északnak, hogy az észlelés ideje alatt se süthessen a belsejébe a Nap. Megérkeztünk a szélzászlóhoz. (12. ábra). Magas rúdon, szabad helyen áll. Függőleges rúdján a világtájak. Fölöttük a könnyen forgó szélzászló, mely mindig arra fordul, amerre a szél fúj. Ellenkező oldalán pálcában végződik, mely a szél irányát mutatja. A mutatón levő ólomgömb ellensúly, hogy a tengely mindkét oldalról egyenlően legyen megterhelve és a zászló könnyen fordulhasson. A szélzászló fölött egy 30 cm × 15 cm nagyságú



12. ábra. Wild-féle nyomólapos szélzászló.

200 gramm súlyú bádoglap függ, melyet a szélzászló mindig a szél irányára merőlegesen állít, mire a szél megemeli. Annál jobban, minél erősebb a szél. A szél erejét (fokát) a szélnyomólap mellé tett skálán le lehet olvasni. Északkeleti szél fúj, a szélnyomólap 4-es erősségű szelet mutat. Az észlelő a jegyzőkönyvébe ezt írja: NE4. Aztán a felhőzetet figyeli meg. Az égen cirruszfelhők vonulnak kelet felé, alantabb sztrátuszfelhők úsznak északkeletnek. A jegyzőkönyvbe ennyi kerül: $\frac{Ci}{E}$, $\frac{St}{NE}$. A felhők az égbolt felét borítják (öttized), tehát a borultság fokának rovatába 5-ös kerül. Ezzel az észlelés be is fejeződött. A csapadék mérése reggelre marad.

Az este 9 órakor (helyi idő szerint) végzett észlelés a napi maximális és minimális hőmérséklet leolvasásával, a reggel 7 órai észlelés (a sürgöny céljára) a minimális hőmérséklet feljegyzésével is bővül. A max.-min. hőmérő leolvasása után az észlelő kis mágnespatkót illeszt a hőmérő üvegfala mellé és lassan lehúzza vele mindkét vaspálcikát a higanyszál színéig. Óvatosan kell ezt a műveletet végezni, mert a vaspálcika finom sertéi könnyen letörnek és akkor — pláne a hőmérő rázkódása esetén — a pálcikák maguktól lecsúsznak. A reggeli észlelés megtörténte után (mint említettük, a csapadékmérés is ilyenkor történik) az észlelő üres sürgönyblankettára egy halom számot ír: Kimerítő jelentést küld a meteorológiai intézetnek az előző nap esti és ma reggeli időjárásról. A blanketta felírásáról megtudjuk, hogy ez állami távirat. Megfejtése kulcs szerint történik.[1] «Sifrirozott» távirat. Igy fest:

[1] A távirat kulcsa, megszerkesztésének és olvasásának módja

Meteor Buda.

62520 22122 59824 33105 09900 1408

Állomás neve.

Szavakba foglalva ez a távirat a következőket mondja el a Meteorológiai Intézet időjelzési osztályának az időjárási térkép és időprognózis megszerkesztése céljából:

Állomásunkon tegnap este 9 órakor a légnyomásnak zérus fokra és tengerszínre redukált értéke 762·5 mm volt (625), délnyugati irányból (20) 2-es fokú szél fújt (2); az ég félig (2/4 rész) borult (2), a levegő hőmérséklete 12° C (12). Tegnap többnyire borult volt az idő (2). Ma reggel a 7 órai észleléskor a barométernyomás redukált értéke 759·8 mm (598), a szélirány nyugatira változott (24), erőssége 3 (3), az ég háromnegyedrészben borult (3). Hőmérséklet 10° C (10). A felső felhők délnyugati irányból jönnek (5) barográf nincs az állomáson (0), miért is a légnyomás változásának értéke nem közölhető (99). Előző 24 órában csapadék nem volt (00). A hőmérséklet maximuma a tegnapi nap folyamán 14° (14), minimuma ma reggelre 8° (08).

Minthogy hónap elején vagyunk, az észlelő jókora ívet tereget maga elé és tintával bevezeti jegyzőkönyvéből napról-napra az előző hónap egész észlelési anyagát. A leolvasott értékeket azonban előbb redukálja, a párák nyomását és a levegő nedvességét észleléseiből, táblázatok segítségével kiszámítja és úgy írja be az ívbe. A jegyzetek rovatába a különböző meteorológiai tünemények

kimerítően megtalálható Róna, Meteorológiai megfigyelések kézikönyve c. műben. 75—85. o.

kerülnek jelekkel és rövidítésekkel.[1] Az ívet minden hónap 8-a előtt felküldi a Meteorológiai Intézetnek. Költségeit az Intézet fizeti. Fáradságáért azonban díjazást nem kap. A legtöbb észlelő a tudomány iránt érzett szeretetből és érdeklődésből lelkes buzgalommal ingyen végzi áldozatos munkáját. Télen-nyáron, hidegben, melegben, esőben és hóban. Tanárok, tanítók, lelkészek gazdászok, kertészek soraiból rekrutálódik a tudománynak ez az önzetlen, lelkes gárdája.

Harmadrendű állomásnak nincs barométere és nedves hőmérője. A csapadékot, hőmérsékletet, felhőzetet, szélirányt stb. méri.

Elsőrendű állomást szintén nem látogatunk meg.[2] Annyiban különbözik az obszervatóriumtól, hogy nem minden regisztráló műszerrel rendelkezik, hanem csak néhánnyal. Egy obszervatóriumot tekintünk meg. A legmagasabb fokú állomást. Minden műszer megtalálható itt, amelyről eddig csak említés történt. Megvannak az összes regisztrálóműszerek is. Az adatokat itt már nemcsak összegyüjtik, hanem fel is dolgozzák. Azért több emberből álló személyzettel dolgozik, akiknek kenyerük a meteorológia.

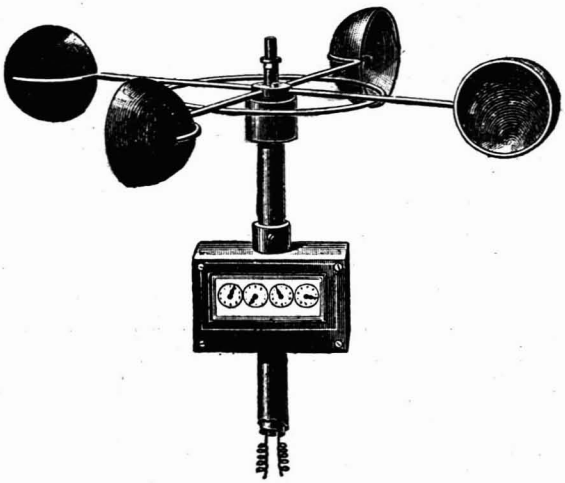
Már messziről föltünik az obszervatóriumnak házak fölé emelkedő tornya. A csúcsán, mint a motolla, forog egy furcsa, lapátos kerék. Az a szélmérőműszer, anemometer.[3] Robinson kanalas anemometer a hivatalos

[1] Minta látható Róna könyvében a mellékleten.

[2] Hazánknak ma több elsőrendű állomása van. Köztük a legfőbbek: Kalocsa, Túrkeve, Pécs, Szeged, Szombathely, Salgótarján és Lillafüred. Miután az ógyallai obszervatórium a csehek kezére került, csak Budapesten a Meteor. Intézetben van obszervatórium.

[3] ὁ ἄνεμος = a szél.

neve. (13. ábra.) A «lapátjai» olyanok, mint a levesmerőkanál. Csak kissé nagyobbak. Négy forog egy függőleges tengelyen, két egymásra merőleges tengely végén. Forgásai számát több óramutatóhoz hasonló járású számlálószerkezet regisztrálja. Minél erősebb a szél, annál sebesebben forognak a kanalak és annál



13. ábra. Robinson kanalas szélsebességmérő.

többet mutat a számlap. A kanalak belseje mindig a szél felé fordul, hogy beléjük kapaszkodhassék az áramló levegő. Mikor fölérünk a toronyba, látjuk, hogy két anemometer is kanalazza a szelet. Egyik kisebb, azért nem vettük észre alulról. Egy szélkerék és szélzászló egészítik ki a szél mérésére szolgáló eszközöket. Regisztrálókészülékeik nincsenek idefönn. Tengelyek nyúlnak le mindegyikből egy alantabb fekvő helyiségbe. Ott

vannak az író- és regisztrálóberendezések. Szellemes szerkezetek. Egyik-másik ilyen eszközben több zsenialitás és szellem van, mint egy halom irkafirkában. Különösen leköti a figyelmünket két írószerkezet, melyek egymáshoz hasonlók, mégis más célt szolgálnak. Vízszintes tengelyen forgó henger mindakettő. Olyasféle henger, mint a régi jó Edison-fonográfok hengere volt. Csak nem síma, hanem egy csavarvonal mentén kidudorodás van rajta, mely egyik darabjával mindig ránehezedik az alatta levő másik nagyobb hengerre. Ez a másik henger síma. Különleges quarzpapír van rátekercselve. Egy óraszerkezet 24 óra alatt egyszer körülforgatja. A felső henger a szélzászlóval van összeköttetésben. Az forgatja. A szél iránya szerint a csavarvonalnak is mindig más része nyomja a papirost: a balszélén, közepén vagy jobbszélén. Minden hely más szélirányt jelez. Ha aztán a papirost leveszik, leolvasható róla, hogy a nap bármely időpontjában minő irányú szél fújt. Hasonló a szélsebességmérő működése is. — Ez a szoba is elég magasan van még. Ide se lehet minden percben fölszaladgálni, ha az ember a szél irányát akarja tudni. Nem is kell. Egy alantabb levő folyosón megnyom az ember egy gombot és a szobaszámjelző-csengők berendezéséhez hasonlóan kiugrik egy szám aszerint, minő irányt mutat épen a szélzászló. Minden égtájnak egy-egy szám felel meg.

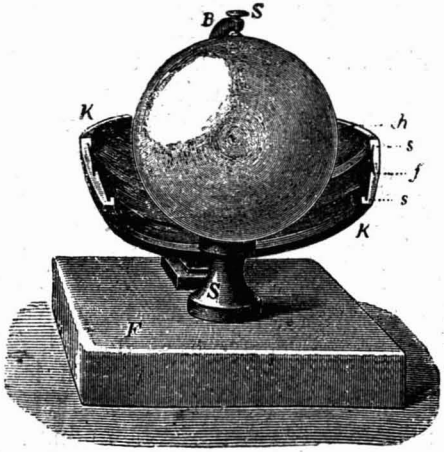
De menjünk vissza a toronyba. Ott most érdekes művelet folyik. A különböző magasságú levegőrétegekben uralkodó szélirányt és szélsebességet határozzák meg. Hidrogénpalackra olyanforma gummizacskót erősítenek, aminők a gyerekek színes léggömbjei Csak ez nagyobb lesz. A hidrogén könnyebb a levegőnél, tehát

ez a léggömb (pilot-léggömb a neve) fel fog emelkedni a levegőbe. Annyi hidrogént töltenek bele, hogy az emelkedése állandó legyen. Minden percben ugyanannyi métert emelkedik fölfelé. Tehát az elindulásától számított minden percben tudjuk, milyen magasan van a föld felett. A töltéssel elkészültek. A ballon súlyát, átmérőjét, felhajtóerejét lemérték. Méretei alapján táblázatból kiolvassák, mennyit emelkedik percenkint. Az egyik észlelő tisztviselő jelt ad és megnyomja a stopperóra gombját, a másik elereszti a pilotgömböt, mire azt a szél szárnyára veszi és saját irányában és saját sebességével viszi előre, de közben a ballon állandó sebességgel emelkedik is. Az egyik tisztviselő távcsővel követi a ballon útját. Ez a távcső kétféleképen is forgatható.[1] Mindkét elfordulását szögmérőn olvassa le a másik tisztviselő. Vízszintes irányban forgatva a távcsövet, leolvasható, milyen szöget alkot a léggömb iránya, pl. a délvonallal. Aztán fölemelve a távcső tengelyét, a másik skálán leolvasható hány fokkal emelkedett a ballon a vízszintes fölé. Ezt kezdetben minden félpercben, később minden percben elvégzik mindaddig, míg csak a ballon látható. Ilyenformán — mivel a pilotgömb földfeletti magassága minden percben ismeretes — kiszámítható, milyen irányban mekkora utat tett meg a léggömb. Vagyis minden magasságban — ameddig a ballon eljut — meghatározható a szél iránya és sebessége.

Míg a két tisztviselő a pilotballon-észlelést végzi, körülnézhetünk itt a torony tetején, a terraszon. A szélmérőműszereken kívül akad itt más néznivaló is. Dél-

[1] Az ilyen távcső neve theodolit.

nek fordulva, az egyik helyen vagy egy deciméter átmérőjű üveggömb áll egy vasállványban, melynek északi oldalán körbehajlított kék papírcsík van elhelyezve. A szalag órákra, félórákra és negyedórákra osztott. Épen süt a Nap. A kék papiroson égetés nyomai láthatók. Ez az eszköz Campbell-Stokes-féle napfénytartam-mérő.



14. ábra. Campbell-Stokes-féle napfénytartam-mérő.

(14. ábra.) Ameddig süt a Nap, kiégeti az üveggolyó gyújtópontjába tett papirost. Mivel a Nap mindig más irányból süt, mindig más helyét égeti a papirosnak, tehát az idő is leolvasható, amikor az égetés történt. Ha a Nap nem süt, nem marad égetés nyoma a szalagon. Minél erősebben süt a Nap, annál szélesebb az égetés is. A szalagot persze naponkint ki kell cserélni. A kicserélés napnyugta után történik.

Van itt a terraszon egy furcsa, vízszintesen fekvő hőmérő is. Nagyobb gömbben végződő üvegcsőben foglal helyet. A levegőt a csőből kiszivattyúzták. A hőmérő gömbje fekete. Elnyeli a sugarakat. A napsugárzás mérésére szolgál. A higanyszál végén kis légbuborék van, mely maga előtt tol egy rövid kis higany fonalat. Ha a hőfok süllyed, a kis higanyszál — a mutató — a helyén marad és mutatja a sugárzásból elnyelt meleg maximális hőfokát.

A pilotballon-észlelés befejeződött, mert a léggömb 2250 méter magasságban egy altokumulusz felhőben eltűnt. Lefelé menet betérünk az aerológiai osztály műtermébe. Hűtőkészülékek. Légszivattyúk. Kosarak, melyeket gömbalakká hajlított vesszők védenek. Közös hengerre író hőmérőből, barométerből és nedvességmérőből álló regisztrálóműszerek. Ezek a ballons-sondes megfigyeléshez tartozó kellékek. A hűtőberendezéssel az írószerkezetes hőmérőket, a légszivattyúval a barométereket, egy másik berendezéssel a nedvességmérőket próbálják ki és hitelesítik. Ez a közös tengelyre szerelt műszerkomplexum kerül a kosárba. A kosár védve van a besugárzás ellen fénytvisszaverő bevonattal. Hidrogénnel töltött gummiléggömbre akasztják a kosarat. Ez a ballon-sonde. Állandó emelkedési sebessége van, mint a pilot-léggömbnek. Magával viszi a műszereket. Az íróhengert (kormozott vékony aluminiumlemez van rátekercselve) óraszerkezet hajtja, tehát az idő is meghatározható róla. Minél magasabbra emelkedik a léggömb, a levegő ritkulásával annál jobban tágul belsejében a hidrogén, tehát annál nagyobb lesz a gömb térfogata. Igy a felhajtóereje állandó marad. Nagy magasságokba felszáll. Megközelíti a 30 km körüli magasságokat.

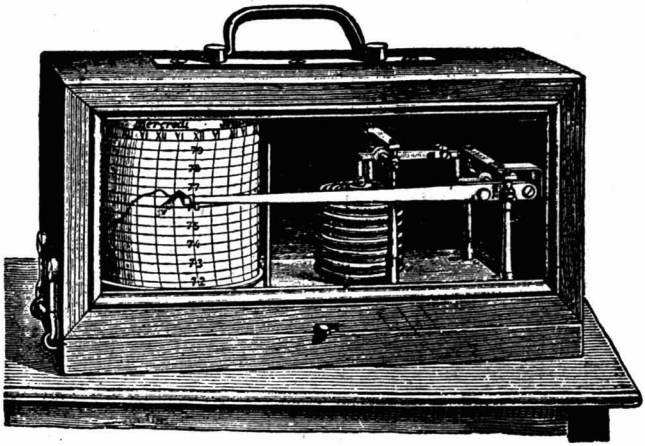
A műszerek minden magasságban feljegyzik a hőmérsékletet, légnyomást és nedvességet. A léggömb aztán a hidrogén belső nyomására szétpukkad, a műszerkosár leesik. Esését ejtőernyő lassítja. Leesési helyéről a rajta látható utasítások szerint beküldik a Meteorológiai Intézetnek, ahol a diagrammokkal teleírt kormozott lemezeket fixálják és kiértékesítik, azaz kiszámítják a rajta levő adatokat.[1] A ballon-sonde-észlelés nemzetközileg szervezett bizottság tervei szerint, meghatározott napokon történik. A felszállás napjait a bizottság előre kijelöli. Ezenkívül bizonyos számú felszállás elrendelése az elnöknek joga. Speciális időjárási helyzetek megvizsgálására fordítja. A bizottság neve «Commission internationale pour l'exploration de la haut atmosphère». Elnöke Hergesell Hugó német meteorológus. A magas légrétegek kutatására különben repülőgépeket is alkalmaznak. Magyarországon ilyen célokra az ántánt által engedélyezett két repülőgép szolgál Szegeden. Első felszállásait 1925 május első felében végezte.

Utunk most a barometerszobába vezet. Útközben azonban a folyosón elhelyezett barográffal is megismerkedünk. (15. ábra.) A barográf regisztráló barométer. Aneroid-barométer. Fémdoboz, amelyből a levegőt kiszivattyúzták, a lelke ennek a műszernek is, mint az aneroidnak. Teteje a légnyomásváltozásra jobban vagy kevésbbé lapul be. A belapulást egy mutató nagyítva jelzi. A mutató végén levő tollból tinta szivárog ki és egy óraszerkezettel forgatott hengerre vonalat ír le. A légnyomás járása utólag is leolvasható róla a nap minden

[1] A műszerkosár beküldőjének költségeit megtérítik. Azonfölül 20 pengő jutalmat kap. Azt, aki a műszert eltulajdonítja vagy megrongálja, megbüntetik.

órájára. A henger 24 óra alatt vagy 8 nap alatt egyszer fordul meg.

A barométerszobában van az Intézet egész barométerkészlete. Különböző típusú készülékek. Köztük a normálbarométer a legpontosabb. Páris, Wien, Róma normális barométerével van összehasonlítva. Vele hite-

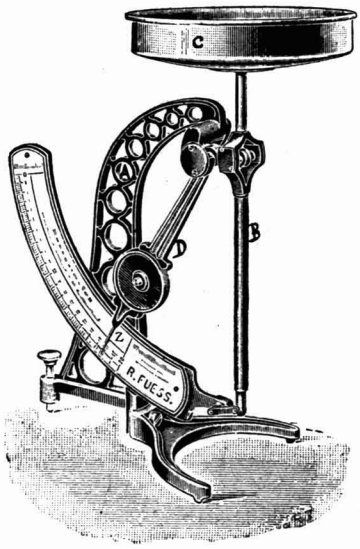


15. ábra. Richard-féle aneroid-barográf.

lesítenek minden használatba kerülő barométert. A barométerek azért kaptak külön szobát, mert itt a hőmérséklet állandó.

A többi műszer külön kertben nyert elhelyezést: a műszerparkban. A hőmérőházikót már ismerjük. Azokat a műszereket, amelyeket másutt láttunk, meg se nézzük. Legfeljebb a pszikrométert érdemes tanulmányozni. Kissé eltér a már látott típustól. A nedves hőmérő aljára ugyanis kis ventillátor (Assmann-féle aszpirátor) helyez-

hető, melyet óraszerkezet hajt és a nedves hőmérő gömbje körül légáramlást létesít. Segítségével levegőnedvességet pontosabban lehet meghatározni, mint a közönséges nedves-hőmérővel. — Külön házikóban áll a párolgásmérő.(16.ábra.) Levélmérlegnek nézné az ember, mert nagyon hasonlít hozzá. Ennek a tányérjára azonban nem levelet tesznek, hanem vizet öntenek. Minél több párolog el belőle, annál kisebb lesz a megmaradt víz súlya.



16. ábra. Wild-féle párolgásmérő.

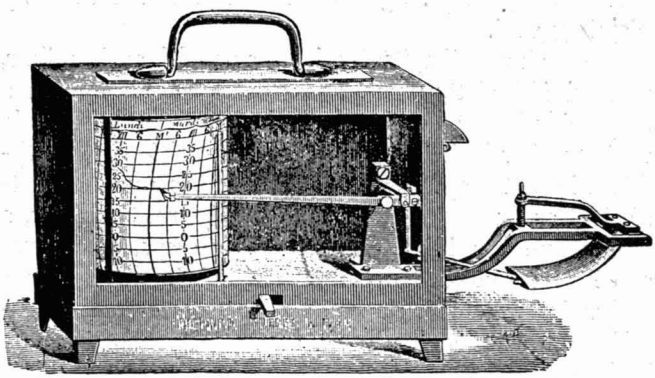
A hőmérséklet változásának vizsgálatára való a termográf. Hasonlít a barográfhoz. Fémdoboz helyett borszeszszel töltött ú. n. Bourdon-cső a lényege, mely a meleg hatására különbözőképen hajlik és nyúlik meg. Változását a mutató végére szerelt írószerkezet regisztrálja az íróhengeren, akárcsak a barográfnál. (17. ábra.)

A higrográf is hasonló eszköz, de ebben egy hajszál megnyúlását rögzíti meg az írószerkezet a hengeren.

A műszerpark egy szabad terén nyúlnak a mélybe a fatokba helyezett talajhőmérők. A fatokok különböző hosszúak, végükön vannak a hőmérők, melyeknek

gömbje könnyen felveszi a talaj hőmérsékletét. E hőmérők 0, 2, 5, 10, 20 cm és ½, 1, 1·5, 2, 3, 4 m mélységbe nyúlnak. A tokok fasüvegekkel vannak leborítva az eső miatt.

Ugyancsak egészen szabad helyen a földre állítva találunk egy kis fűrész-bakhoz hasonló, 2 fakeresztből készült állványt is. Ez a radiációs hőmérő állványa.



17. ábra. Termográf.

Előkelő neve ellenére sem kell valami komplikált és drága műszernek gondolnunk. Egyszerű alkoholos minimum-hőmérő csupán, amelynek vízszintesen fekvő szárában a visszahúzódó alkohol magával cipeli a benne úszó kis üvegpálcikát úgy, hogy az üvegpálcika egyik vége — a minimális hőmérséklet mutatója — a borszeszszál végénél van. Amikor az alkohol-fonál a hőmérséklet emelkedése miatt megnyúlik, az üvegpálcikát a legalacsonyabb hőmérsékletnek megfelelő helyen hagyja. Ha újra akarjuk használni, csak kissé lefelé kell fordítanunk

a hőmérő végét, az üvegpálcika lecsúszik az alkohol-szál végéig, de tovább nem megy. Az alkohol-szál végén a felületi feszültséget képviselő vékony hártya nem engedi kilépni a borszeszből.

A már látott Hellmann-féle esőmérőn kívül van itt egy esőmérő-óriás is. Az egész évi csapadék összegyüjtésére szolgál. A lehullott csapadékot a megfagyástól klórkalcium, az elpárolgástól a víz tetejére öntött vékony olajréteg védi.

Annak megállapítására, hogy a nap folyamán mikor, mennyi idő alatt, mennyi eső esett, vagyis milyen a csapadékhullás menete, szolgálnak az ombrográfok, regisztráló erőmérők. Az egyik, az Anderkó—Bogdánfy-féle a leesett csapadék súlyát méri és írja mutató segítségével az óraszerkezet hajtotta hengerre. A másik, a Hellmann-féle milliméterekben jelzi a csapadékot. Erre a célra a gyüjtőedényben a víz színén úszó lebeg, melynek kinyúló karja annál magasabb, minél magasabban áll az edényben a víz, azaz minél több csapadék hullott. Az úszó karjának végén tinta szüremlik ki és a hengerre görbe vonalat ír: a csapadék hullásának menetét. Ha a gyüjtőedény megtelt, tartalmát egy szívószerkezet automatikusan egy alul álló gyüjtőbe üríti ki.

A Meteorológiai Intézet több tisztviselővel dolgozik, akik túlnyomórészt szakemberek és szakmájuknak elismert tudósai. Élén az igazgató áll. Aligazgató, főmeteorológusok, osztálymeteorológusok a munkatársai. Az Intézet több osztályra tagozódik: I. Igazgatóság és Adminisztrativ-osztály. II. Klima-osztály. III. Prognózis-osztály. IV. Aerológiai osztály. V. Agrometeorológiai (mezőgazdasági meteor.-i) osztály. Az Intézetben nyert

elhelyezést a Légügyi Hivalal meteorológiai kirendeltsége is.

A prognózis-osztályba futnak be a sürgönyző állomások táviratai. Jelenleg 15 magyar sürgönyző állomás van. (Nem minden II. r. állomás egyúttal sürgönyző állomás is.) Harminckét csapadékmérő állomásról kap az osztály csapadék-sürgönyöket.

Délelőtt a prognózis-osztályon élénk az élet. Jönnek a táviratok. Adataik a napi jelentés megfelelő rovatába kerülnek. Egyúttal egy térképlapra — mely Európát ábrázolja — az illető állomás helyére jelekkel fölírják az aznap reggeli időjárást: A helyet ábrázoló karikát az ég borultságának megfelelően negyedrészben, félig, háromnegyedrészben vagy egészen kitöltik. A hely felé mutató nyíl irányával jelzik a szelet. A nyíl szakálla adja a szél erősségét: egy rövidebb vonás 1 fok, egy hosszabb vonás 2 fokot jelent. Tehát pl. a kilences erősségű szelet 4 hosszabb és egy rövidebb vonással jelzik. Ha az állomáson esik az eső, 3 pontot írnak a hely karikája mellé; ha hó esik, csillagot rajzolnak oda; ha köd van, 3 vízszintes vonalka kerül egymás fölé a hely karikája mellett. A jégesőt kitöltött háromszög jelzi. A zivatart villámjel. A hely karikája mellé odaírt szám a levegő hőmérsékletét jelenti reggel 7 órakor. (L. a 19., 24., 25., 26. ábrákat.)

Ugyanilyen sors vár a külföldi adatokra is. Azok is a jelentésre és térképre kerülnek. Végül az egyenlő légnyomást mutató helyeket görbe vonallal, az izobárokkal összekötik, és kész az időjárási térkép.

A külföldi állomások jelentéseit rádió útján kapja az Intézet. Erre a célra több vevőkészüléke is van. Az egyes államok meteor. intézetei meghatározott időben

rádión adják jelentésüket, morse-jelekkel, az ismertetett kulcshoz hasonló módon. A beosztott tisztviselő fejhallgatóval a fején boszorkányos gyorsasággal írja papírra a morse-jeleket számokkal. A kész jelentést a prognózis-osztálynak adja át.

A magyarországi adatokat a csepeli adó 9 óra 25 perckor közli az egész világgal. A rádió-távirat Budapest, Szombathely, Kaposvár, Szeged és Debrecen időjárási adatait tartalmazza. Néhány adóállomás (pl. a párisi Eiffel-torony, a német Königswusterhasen) saját államának jelentésein kívül kollektiv táviratokat is közöl: az összes európai, néhány afrikai állomásnak és tengeri hajónak egybeállított adatait. A tengeren járó hajók is végeznek meteorológiai észleléseket és adataikat ugyancsak rádión közlik. A bécsi Meteor. Intézet ennek alapján már az egész északi félgömbről ad ki időjárási térképet. A rádió-képtávíróval folyó sikeres kísérletek odairányulnak, hogy necsak számadatokat, hanem időjárási térképeket is lehessen közölni.[1]

Az általános időjárási térkép mellett még 2 kisebb térkép kerül az időjárási napi jelentésre: egyik Csonkamagyarország csapadékeloszlási térképe, melyen görbe vonalak kötik össze azokat a helyeket, ahol az előző 24 órában egyenlő mennyiségű csapadék esett, a másik az izotermák és szelek térképe ugyancsak Csonkamagyarországról.

A prognóziskészítő ezenkívül saját használatára több térképet is készít: az izotermák térképét Európáról, csapadékeloszlási térképet, a barométer változásának térképét.[2] A szélirányokból megállapítja és megrajzolja a

[1] Az Időjárás, 1928. 27. o.

[2] Megjelöli azokat a helyeket, ahol a barométer emelkedőben van, és más jellel azokat, ahol a légnyomás süllyed.

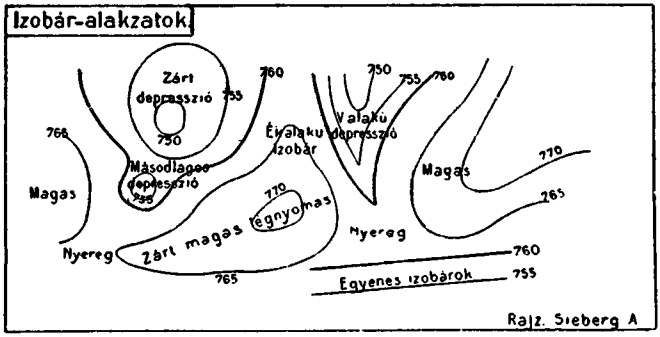
levegő áramlásának irányait is. Ezek segítségével alkot magának képet az időjárás helyzetéről, azaz elkészíti a diagnózist. Az időjárás jellemzését (általában Európáról és speciálisan Magyarországról) pár sorban rávezeti az időjárási napi jelentésre. Végül megállapítja a másnap délig várható időjárást. Ezt a prognózist aztán pár szóval ráírja a jelentésre. És ezzel napi munkája befejeződött. Délelőtt 11 óra tájban kész a prognózis és a jelentés. A napi jelentést kifüggesztik az Intézet kapuja mellé és postára adják az előfizetők címére. A prognózist körtávirat alakjában közlik a postahivatalokkal is, melyek azt kifüggesztik, és az esetleges előfizetőknek kézbesítik, továbbá telefonon közlik a Rádióval, mely d. u. 1 órakor és d. u. 4 órakor szószerint közli előfizetőivel. A napi jelentés szövegét és a prognózist a legtöbb napilap is közli. Külföldön a nagyobb lapok a teljes napi jelentést, térképpel együtt közlik. Sőt egyes lapoknak külön meteorológusuk és saját felvevőjük van. Maguk gyüjtik össze az anyagot és maguk készítenek prognózist, melyet egyes lapok már a címlapon közölnek, míg a részletes jelentés a lap belsejében található. Nálunk a térkép és a részletes jelentés közlése anyagi és technikai okok miatt késik. A prognózis 24 órára érvényes. Jelenleg tervezik egy esti prognózis kiadását is.

Az állomások más észleléseit — havi jelentések — a klima-osztály dolgozza föl a hely és az ország éghajlatának tanulmányozására. Azonkívül más tudományos tanulmányok anyagául szolgál. Az észlelések földolgozott anyagát az Intézet Évkönyve-i közlik.

IX. Az időjárás.

«Jó idő», «rossz idő», «szép idő», «rút idő», «ítéletidő» különböző és relatív értékű kifejezések az atmoszférának valamely pillanatban meglévő állapotáról. A túristának rút idő lehet egy vasárnap délután hulló csendes májusi eső, a gazda el sem tud képzelni nála gyönyörűségesebbet. A félénknek ítéletidő a nagyarányú zivatar, az elfogulatlan szemlélő számára a természeti erők kifejlődésének lenyűgözően fenséges színjátéka. Különbözők az emberi ízlések és főként az érdekek. Az idő szóval a magyar nyelv nemcsak azt a nagy folyamot fejezi ki, amelyben e világ történései folynak, hanem a légkör egy meghatározott időpillanatban mutatkozó állapotát is. Az időt eszerint a meteorológiai elemeknek (légnyomás, szelek, hőmérséklet, párolgás, felhőzet, csapadék stb.) összesége határozza meg. Az idő változó valami. Változását időjárásnak mondjuk. Az idő teljes egészében sohasem ismétlődik, csak nagy általánosságban mutat egyező vonásokat, ami benne közepes, átlagos visszatérő jellegű, az adja meg a hely éghajlatát, klimáját. A klima a meteorológiai elemeknek több évtizedes észlelésből számított középértéke. Meteorológiai megfigyelések anyagából statisztikus módszerekkel adódik. A vég nélkül sokféle változatot mutató időnek járásában nem ilyen könnyű törvényszerűségeket találni, törvényeket megállapítani. Ha a meteorológiai észle-

lések számhalmazán keresztül vagy a regisztráló műszerek grafikonjai segítségével akarnánk betekinteni az időjárás gépezetébe, nem sok eredményt érnénk el. Az idő nem egy helyen születik és nem egy helyen múlik el. Kezdetei messzebbre nyúlnak lakóhelyünknél, méretei nagyobb területeket ölelnek föl határainknál. Egész országrészek, sőt világrészek időjárását kell vizsgálat alá vennünk, ha törvényeit meg



18. ábra.

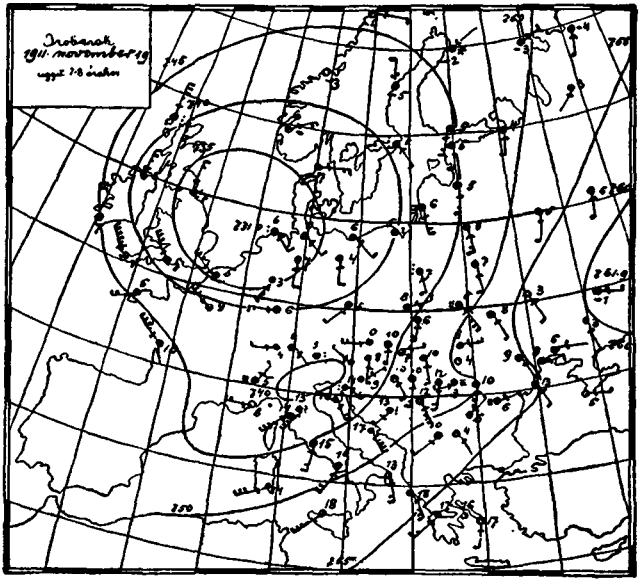
akarjuk állapítani. Ezt pedig merő számgarmadákból, a meteorológiai megfigyelések számadataiból még kevésbbé tehetjük, mint saját észleléseink anyagából. Más módszerhez folyamodunk: egész Európa egy pillanatnyi idejét szemléltetjük. Időjárási térképeket szerkesztünk. Ez a szinoptikus meteorológia módszere.

Az időjárási térkép — mint az előző fejezetben láttuk — a következő adatokat szemlélteti: légnyomás eloszlása (izobárok), hőmérséklet, borultság és csapadék, szelek iránya és erőssége. Az időjárási térkép pillanatfelvétel

Európának (pl. reggel hét órakor mutatkozó) időjárás helyzetéről. Ha ezeket a térképeket tanulmányozzuk és egymással összehasonlítjuk, nem találunk köztük két egyformát. Az izobárok alakja is, helye is változik és velük változnak a többi elemek. Az idő nemcsak változik. Vándorol is. Tüzetesebb vizsgálatok azonban mégis azt mutatják, hogy az időjárás jellege bizonyos fokig az izobárokkal függ össze. Az izobárok közt bizonyos típusok találhatók. E típusok a következők: (18. ábra.) 1. zárt minimumok (ciklonok, depressziók, alacsony légnyomású területek); 2. zárt maximumok (anticiklonok, magas légnyomású területek); 3. másodlagos depressziók (mellékdepressziók); 4. magas nyomású hátságok; 5. mélynyomású csatornák; 6. ékalakú depressziók; 7. magasnyomású ékek vagy nyúlványok; 8. egyenes izobárok. Mindegyikkel bizonyos típusú időjárás van összekötve. Egyenkint tesszük őket vizsgálat tárgyává.

1. *Ciklonok.* (19. ábra.) Az alacsony nyomású területeket az izobárok ellipszis- vagy tojásalakban zárják körül. Az ilyen izobár-alakulatot ciklonnak vagy depressziónak vagy barométeres minimumnak nevezzük. A légnyomás a depresszió belsejétől, magjától kezdve kifelé nagyobbodik. Mélyebbnek vagy sekélyebbnek mondjuk aszerint, hogy mekkora a magjában a légnyomás. Például a 755 mm légnyomás, mint mag körül kifejlődött depressziót sekélynek, a 735 mm-eset mély depressziónak hívjuk. Minél mélyebb a depresszió, annál pregnánsabban jelentkeznek a rá jellemző időjárás tünetei. A ciklon szélviszonyait nagyrészt ismertettük. A levegő a depressziókban a ciklon magja felé áramlik. Ha a szélirányokhoz, mint érintőkhöz, görbe vonalakat húzunk, a pillanatnyi áramlási vonalakat kapjuk. Ezek a ciklon

magjában egy az ú.-n. konvergencia-pontba futnak össze.[1] A szél irányváltozása a ciklon körül az óramutató járásával ellenkező értelmű. A szélirányok az izobárokkal különböző szögeket alkotnak. A ciklon keleti oldalán csaknem



19. ábra. Mély depresszió Északnyugat-Európa fölött, mellékdepresszióval az Alpok táján.

merőlegesek az izobárokra, nyugati és délnyugati oldalán majdnem párhuzamosak velük. A szelek, szabály szerint, ott legerősebbek, ahol az izobárok legközelebb futnak egymáshoz, legjobban összeszorulnak. Ez rend-

[1] Az áramlási vonalak a 22. ábrán láthatók, az alsó két képen.

szerint a ciklon nyugati és délnyugati oldala. Mivel a depressziók nálunk túlnyomórészben nyugatról keletre tartanak, úgy is mondhatjuk, hogy a ciklon első részén a depresszióval szembefújó gyenge szelek fújnak, hátsó részén a szelek a legerősebbek.

A hőmérséklet eloszlása a depressziók területén nem egyenletes. Déli felükben relatíve magas a hőmérséklet, északi oldaluk viszonylagosan hideg. A meleg terület körcikkhez, körszektorhoz hasonló. Nagysága különböző. A meleg szektort a térképen legtöbbször két vonal határolja, melyek a ciklon magjában futnak össze és amelyeknek két oldalán a hőmérséklet észrevehetően különböző. (L. a 20. ábra középső részét!) Az első vonalat menetvonalnak, a másodikat (a nyugat felé, hátrább levőt) förgetegvonalnak nevezzük. Előrehaladott életű ciklonokban e két vonal egybeeshetik, sőt el is tünhet. E két vonal a ciklon két legfontosabb helye. Jelentőségüket megértetendő a ciklonok keletkezésének, szerkezetének, életének és átalakulásának Bjerknes norvég meteorológus nevéhez fűződő elméletét kell vázlatosan ismertetnünk.[1]

A ciklonok a már említettük poláris fronton keletkeznek. A sarkok hideg levegője, mely keletről nyugatnak tartó áramlásban van, szelíden lejt délnek. Felülete diszkontinuitási felület, melyen a meleg levegő (nyugat-keleti áramlásban!) keveredés nélkül lassan felkúszik. Az a vonal, amelyben a diszkontinuitási felület a földet metszi, a poláris front. A poláris front nem állandó. Helye is, alakja is változik. Egyszer mélyen lenyúlik dél-

[1] A ciklon-elmélet fölépítői a két Bjerknes-en (apa és fia) kívül Margules, Exner és Ficker, mindhárman osztrák meteorológusok.

nek, egészen a szubtrópusok övéig, máskor messze felhúzódik északra. Hullámok futnak rajta végig. Ennek következtében, ahol az egyenlítő felől nézve hullámvölgy van, ott a két, hideg levegőt tartalmazó hullámhegy közé meleglevegőjű hullámvölgy kerül. A levegőtömegek áramlása elé akadály került, miért is a hideg levegő az óramutató járásával ellenkező irányú örvénylésbe kezd a meleg levegő csúcsa körül: megkerülni igyekszik a meleg levegő-nyelvet. A meleg levegő-szektor eszerint két hideg nyelv közé ékelődött. Mozgási irányát megtartani igyekszik. Felkúszik az előtte lejtősen emelkedő hideg levegő hátára és maga előtt tolja. Melegbetörés létesül. A meleg levegőből felfelé kúszása közben a párák kicsapódnak. Homlokán a magasban cirruszok jelennek meg, melyeknek iránya a ciklon vonulásának irányát jelzi. Alantabb cirrosztrátuszok, altosztrátuszok és nimbuszfelhők keletkeznek, mely utóbbiakból megered a csendes nagy kiterjedésű («országos») eső. Az a vonal, ahol a hideg levegő széle a földre ér, a ciklon *menetvonala.* A meleg levegő háta mögött beöblösödő, délnek nyúló hideg levegő-tömeg, mint ék, nagy energiával a meleg levegő alá nyomul, magasba emeli, mire benne heves örvénylések, erős szelek, gyors kicsapódások, zivataros és viharos csapadékhullás keletkeznek. Az a vonal, amely mentén a hideg levegő a meleg szektor alá tolul, a *förgetegvonal.* A förgetegvonal mentén keskenyebb sávban heves esőzés vagy havazás, esetleg jégeső keletkezik. A két vonal között a levegő — most már érthető okból — érezhetően melegebb s mivel e szektorban még föl nem emelt párás, meleg levegő van, egészen vagy részben derülés állhat be. A ciklon belsejében az örvénylő mozgás következ-

tében a légnyomás csökken és annál mélyebbre süllyed, minél hevesebb az örvénylés.

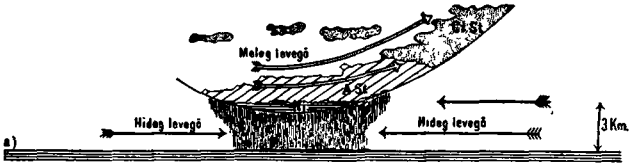
A ciklon különböző részeiben tehát nagyon különböző az idő. (20. ábra.) Ha a ciklon déli része vonul át fölöttünk, akkor úgy 500 km-rel az esőzés beállta előtt az égen cirruszfoszlányok jelennek meg, amelyeket cirrusz-leplek követnek. A barométer lassan esik. Délkeleti majd déli és délnyugati szelek fújnak egyre erősödő mértékben. A réteges felhők nimbuszba mennek át és vagy 300 km széles sávon csendes, kiadós esőzés indul meg. A hőmérséklet emelkedik. Majd az eső megszűnik, a felhőzet eloszlik. Bizonyos idő mulva azonban a nyugati égen altokumulusz-felhők vonulnak fel, melyeket gyorsan sötét zivataros nimbuszok követnek. A hőmérséklet csökken, viharos szél fúj, mely felkavarja a port. Aztán bősz szélrohammal, esetleg zivatarral vagy jégesővel, rövid kb. 70 km széles sávon húzódó heves esőzés (havazás) következik. Utána az ég kiderül. A levegő erősen lehűl. A nyugati szélből északnyugati, majd északi szél lesz.

Ha a ciklon közepe vonul át rajtunk, akkor gyenge délkeleti szél után a fent ismertetett felhőfelvonulással megjön a kiadós eső. Szélcsend vagy gyenge szélfúvás után csak rövid vagy semmi derülés. Majd a szél ellenkező irányba csap át. A levegő erősen lehűl.

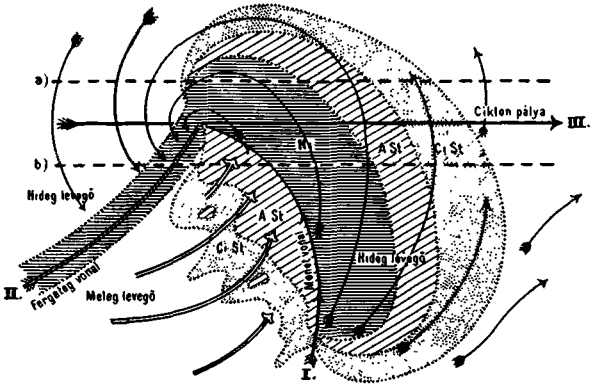
A ciklon északi felén a szél keleti, északkeleti, északi, északnyugati irányokon át változik nyugativá. Hasonló felhőfelvonulással bőséges esőzés jár. A levegő végig hideg marad. (A meleg levegő a magasban van, a hideg levegő hátán.)

A magasba kúszó meleg levegő áramlása irányát megtartani igyekszik. Áramlásának irányát a magasban

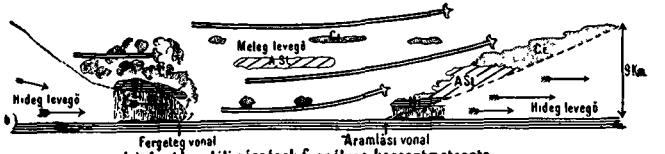
úszó felhők mutatják. A ciklon mellső részén ezért a talajmenti szél és az alacsony felhők vonulásának iránya



a) A ciklon északi részének függélyes keresztmetszete



A ciklon vízszintes keresztmetszete

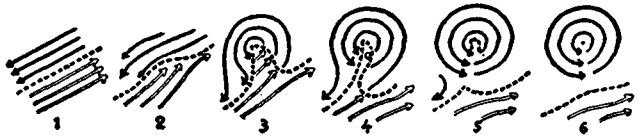


b) A ciklon déli részének függélyes keresztmetszete
(Bjerknes és Solberg szerint)

20. ábra. A depressziók szerkezete Bjerknes szerint.

csaknem derékszöget alkot a felső felhők útirányával. Ez a jelenség a depresszióban való tájékozódást és vonulása irányának meghatározását megkönnyíti.

Ez a kép, amit adtunk, a jól kifejlett ciklon lefolyása. Mivel a hideg levegő gyorsabban halad a meleg levegő alá, mint ahogyan a menetvonalat a meleg levegő előretolja, a förgetegvonal bizonyos idő mulva eléri a menetvonalat: a meleg levegő egészen fölemelődik a földről. A ciklon bezáródik. Most már az örvénylés, amelynek mozgási energiáját eddig a hideg



21. ábra. A ciklon életének fázisai.

poláris levegőtömegek beáramlása és a hőmérsékleti különbség táplálta, csak a tehetetlenség következtében tart tovább, míg aztán a hideg levegő a légnyomási különbségeket kitölti. Az örvénylés lassúbb lesz. A surlódás a mozgás energiáját lassankint föléli. A fölemelt meleg levegő lehül és belőle a kicsapódás is megszűnik. A légnyomás emelkedik: a ciklon elsekélyesedik, majd elpusztul. (21. ábra. A kettős vonalak a meleg, az egyszerű vonalak a hideg levegő áramlási irányai.)

A depressziók időjárását tehát borultság, csapadékosság, erős és változó irányú szelek és a hőmérséklet átmeneti enyhülésére következő lehülés jellemzik. Nyáron a minimumok a «rossz» időjárás hordozói. Szelekkel, viharokkal, zivatarokkal tarkított hűvös, csatakos időt hoznak. Az ég borult. A napsütés elma-

radása fokozza a depresszió hátsó oldalán bekövetkező lehülést. Télen a ciklonok enyhe idővel járnak. Mivel az éjtszakai kisugárzást a felhőzet jórészt megakadályozza, az éjjeli lehülés nem hoz akkora hideget, mint derült éjtszakákon. A levegő nedvessége a párolgást csökkenti, ezért se érzünk akkora hideget, mint száraz, derült téli napokon. Ha a téli nagy hideg után hirtelen megenyhül az idő, azt szokták mondani, hó lesz. A hőmérséklet emelkedése depresszió érkeztét jelenti. A meleg szektort bezáró förgeteg-vonal aztán gyakran hoz viharos hóeséseket.

A ciklonoknak vázlatosan ismertetett szerkezetét és életét a helyi hatások kisebb-nagyobb mértékben módosítják. A vándorló ciklonok ezeknek az életük közben fölvett helyi hatásoknak is hordozói. Minél több hatás éri a ciklont, annál inkább eltér szerkezete a Bjerknes-féle idealizált sémától. A helyi hatások érdekes példája a hegyvidékek időváltozása depressziók átvonulása idején. Ha például az észak-déliranyú hegylánc délnyugati oldala felől depresszió közeledik, északkeleti oldalán pedig magas a légnyomás, a légnyomás csökken, azonban a nyugati lejtőn és a hegy tövében, mivel a keleti oldalról (a maximum felől) átkelt szél főn-szerüen bukik alá, belőle a felhők elpárolognak, mindaddig nincs csapadék, míg csak a depresszió magja a hely fölé nem ért. Amint a szél nyugativá válik — bár a légnyomás emelkedik — a keleti lejtőn a levegő fölemelkedése miatt erős csapadékképződés indul meg. A hegylánc keleti lábánál hasonló okok miatt az események fordítva zajlanak le.

Egymásután következő napokról kiadott időjárási térképek egyszerű megtekintése meggyőz bennünket,

hogy a depressziók vándorló természetű tünemények. Vándorlásuk sebessége különböző. Néha alig mozognak, máskor a viharok sebességével száguldanak. Pödder szerint az Északi Jeges-tenger felől jövő ciklonok sebessége középértékben 46 km óránkint, legkisebb értéke 11 km, legnagyobb 136 km.[1] Sebességüket a bennük uralkodó hőmérsékleti különbség és a légnyomás elmélyülése fokozza. Amint a ciklon élete végéhez közeledik, a járása is meglassul. Vándorlásuk iránya túlnyomórészt nyugat-keleti.[2] Egyes területek kedvenc útjaik. Ilyen télen az Izland-szigetétől Norvégia partjai mellett felvezető irány. Nyáron kissé délebben járnak: Angliától Finnország felé, vagy Lengyelországon keresztül a Fekete-tengerhez veszik útjukat, esetleg Franciaországon át az Alpok érintésével Középeurópán keresztül Finnországnak tartanak, vagy Magyarországon át a Fekete-tengerhez mennek, avagy a Balkán-félsziget mentén Észak-Afrikába jutnak. A depressziók útirányát belső szerkezetük, környezetükben uralkodó hőmérsékleti és légnyomási viszonyok, meg az eléjük tornyosuló akadályok határozzák meg. Mohn[3] és Exner szerint a ciklonok a hőmérséklet esésének irányára merőlegesen mozognak úgy, hogy a magasabb hőmérsékletű helyet jobboldalt hagyják. Ezzel a tétellel nemcsak az általános

[1] Termtud. Közl. Pótf. 1926. 64. o.

[2] Ennek a nyugat-keleti vonulásnak köszönhető, hogy a kontinensek nyugati partjain enyhébb az éghajlat, mint a keletin. (Pl. New-York éghajlata zordabb, mint egy Amerika nyugati partján fekvő, hasonló szélességgel bíró városé. Verhojanszk hideg éghajlatában is nem csekély ez oknak része.) A depressziók északi oldala u. i. szárazföldi (hidegebb) levegőt szállít a keleti és tengeri (enyhébb) levegőt a nyugati partokon.

[3] Norvég meteorológus.

nyugat-keleti útirányt lehet megmagyarázni, amelyet a délről északnak irányuló általános hőcsökkenés tesz érthetővé, hanem segítségével a nyugat-keleti iránytól eltérő, ritkábban előforduló útirányok is megérthetők. Például az 1910. május 10—14. közt nyugatnak tartó depresszió pályája az akkor északon uralkodó melegebb és délen jelentkező alacsonyabb hőmérséklettel okolható meg. Ley által a megfigyelésekből megállapított törvényszerűség azt mondja, hogy a depressziók a magasnyomású területeknek úgy térnek ki, hogy jobbra hagyják el őket, tehát mintegy az óramutató járásával egyező irányban megkerülik a maximumokat.

Fontos útbaigazítást adnak a ciklonok vonulására vonatkozóan a melegbetörés élén úszó cirruszok is. Húzódásuk iránya a depresszió vonulásának irányát jelöli. 24—48 órával megelőzik a ciklont. Belátható, mennyire fontos a vonulási irányuk megfigyelése.

A meleg szektor áramlási vonalainak iránya is a ciklon vonulásának irányába esik. Ez az irány nagyjában párhuzamos a meleg szektorban futó izobárokkal.

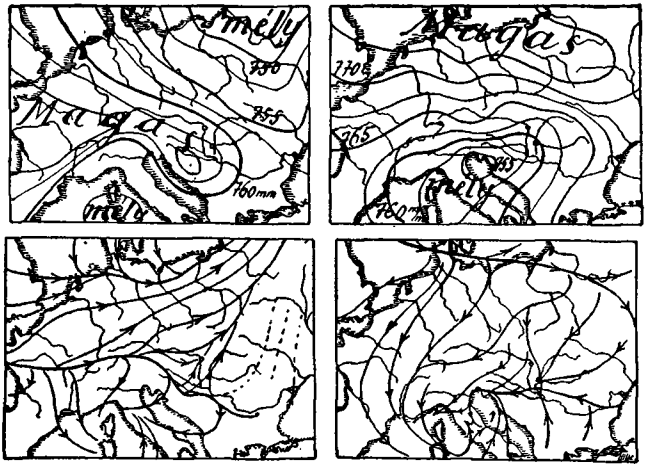
Az is érthető, hogy a depresszió útja arra irányul, amelyik oldalról a legkevesebb ellenállásra talál. Ez a ciklon keleti (mellső) oldala, ahol gyenge szelek fújnak. Az erős szelek a förgetegvonal mentén uralkodnak; irányuk a hőmérsékletesés irányára merőleges. Azt is mondhatjuk tehát, hogy a depresszió a területén uralkodó legerősebb szelek eredőjének irányában mozog.

2. *Az anticiklonok* (maximumok) a depressziók meteorológiai ellentétjei. Magasnyomású helyek körül az izobárok szabálytalan zárt görbe vonalakat alkotnak. Középüktől kezdve a széleik felé a légnyomás csökken. Az izobárok aránylag messze esnek egymástól, tehát a

barométeres grádiens kicsiny. Az anticiklonok területén csak gyenge szelek fújnak, amelyek a maximum közepétől kifelé irányulnak és irányuk változása az óramutató járásával egyező. Aránylag legerősebbek a szelek a maximumok keleti oldalán, ha a maximum egy elvonuló depresszió után nyomul. A maximum közepén a levegő lassan lefelé ereszkedik. Ezért az anticiklonokat általában derült, felhőtlen ég jellemzi. Területükön a helyi szelek szabályosan kifejlődhetnek.

A derült égbolt miatt hőmérsékleti viszonyaikat a kisugárzás és besugárzás mérlege dönti el. Télen, amikor az éjjeli kisugárzás a nappali fölmelegedést fölülmúlja, a maximumok erős hidegeket hoznak. Az erős éjjeli lehülés sokszor okoz ilyenkor ködöket. Nyáron a nappali erős felmelegedés túlszárnyalja a rövid éjtszakákkal járó kisugárzást, azért az anticiklonok nyáron nagy melegek képviselői. A talaj erős felmelegedése a hőmérsékletben labilis egyensúlyt hozhat létre és helyi zivatarok, ú. n. hőzivatarok keletkeznek: Egyik helyen az erős felmelegedés és labilis egyensúlyi helyzet miatt a levegő hevesen felfelé száll, belőle a párák kumulusz és kumulo-nimbusz alakjában kiválnak. A súrlódás és kicsapódás nagymennyiségű elektromosságot szabadít fel. Majd lökésszerű szélrohamokkal, esetleg jéggel megindul az eső. A zivatar elvonulása után újra kiderül az ég és a levegő hőmérsékletében lényeges visszaesés nem következik be. Főként ebben különbözik az ilyen hőzivatar a ciklon förgeteg-vonalán, depressziók szélén vagy hideg és meleg területek határán keletkező ú. n. frontzivataroktól. A hőzivatarok meleg-évszaki tünemények. A frontzivatar télen is előfordulhat. Hóesés vagy eső, villámlás és mennydörgés közt vonulhat át

valamely helyen. Az ilyen frontzivatarokban nem a felmelegedés okozza a levegő felszállását, hanem a meleg levegő alá beékelődő hideg levegő dobja fel a magasba a nedves, meleg levegőt, miáltal heves örvénylések és



22. ábra. Izobárok (fönt) és áramlási vonalak (lent) 1925. okt. 15-én és nov. 12-én.

gyors kicsapódások létesülnek benne. Elvonulásuk után a levegő erősen lehül.

Az anticiklonok nem annyira vándorló természetűek, mint a depressziók. Vannak köztük olyanok, amelyek a ciklonokat követik a förgetegvonaluk után. (Ezek különösen Északamerikában túlnyomóak.) Nálunk a legtöbb maximumban megvan a hajlandóság arra, hogy valamely hely fölött megtelepedve, ott makacsul meg-

maradjon. Az ilyeneknek köszönhető a hosszú kánikula és a csikorgóan hideg, derült téli idő.

Ha az anticiklonban az áramlási vonalakat megrajzoljuk (22. ábra), azt találjuk, hogy ezek a vonalak nem egy pontból, hanem egy vonal mellől indulnak ki, a vonal mindkét oldalán. Ezt a vonalat divergencia-vonalnak nevezzük. A divergencia-vonal mentén a levegő lassú lefelé áramlást végez és hosszában mindenütt szélcsend uralkodik.

Az anticiklonok vagy a poláris fronton a ciklonok után betörő hideg levegőtömegek, melyek a minimumokkal összefüggenek és utánuk haladnak a depressziók útján vagy a sarki hideg levegőnek délre lódult nyúlványaiból szakadnak le és mint tehetetlen tömegek mozognak az eltérítő erőtől is irányítva vagy telepednek meg valamely vidék fölött, míg átmelegedve föl nem veszik környezetük tulajdonságait. Azonban nemcsak a poláris frontról válhatnak le nagynyomású levegőtömegek. Az ázsiai nagy téli anticiklonból vagy az Azori-szigetek táján az egyenlítői áramlás folyományaként keletkezett magasnyomású övből is nyúlhatnak be nagynyomású nyelvek Európába. Ezek aztán törzsükről leszakadva, mint vándorló anticiklonok teszik változatossá Európa időjárását. Közepükből a divergencia-vonal mellől szétáramló levegőt a jobbra-térítő erő az óramutató járásával egyirányú örvénylésre készti. Mivel bennük a légnyomáscsökkenés csekély, területükön csak gyenge szelek fújnak, melyek legfeljebb a szélek felé fokozódhatnak erősebbé.

A ciklonok Bjerknes-féle elméletét G. Stüve egészítette ki azzal, hogy a szerkezeti képbe az anticiklonokat is beillesztette. Eszerint a hideg levegőtömegek, mint

egymás után következő cseppek törnek be a meleg levegőbe. Alakjuk függőleges keresztmetszetben olyan, mint egy deszkalapon előre mozgó vízcseppé: az elejük meredekebb, hátsó oldaluk lejtősebb. Csakhogy ezek a «cseppek» 4—5 ezer méter magasak és átmérőjük esetleg többszáz kilométer lehet. Mellső oldalukon a hideg ék a meleg levegőt magasba emeli, hátsó lejtőjükön a meleg levegő fölfelé kúszik és amikor a hideg levegő tetejére ért, elől lebukik róla, leszállása közben fölmelegszik. A förgetegvonalon földobott meleg levegőt ettől a kiszáradt és az előtte haladó ciklonba leszálló, beáramló levegőtől a magasban diszkontinuitási felület választja el.[1] Ezek a hideg levegőtömegek aztán vándorlásuk közben — mivel bennük a súlyos, hideg levegő leszáll és alul szétáramlik — lassan ellaposodnak, fölmelegednek és a környező levegővel elkeverednek. Így halnak meg az anticiklonok.

Nagyon tartós anticiklonok és mély depressziók keletkezhetnek akkor, ha a sztratoszférában lefolyó, hasonló természetű változásokkal összetalálkoznak. A sztratoszférában az egyenlítő fölött hideg, a sarkok fölött relatíve melegebb levegő van. Elválasztó felületük — diszkontinuitási felület — az egyenlítőtől a sarkok irányában lejt és ahol a sztratoszféra réteghatárát metszi, a poláris fronthoz hasonló görbe vonalat alkot, melyet *ekvatoriális frontnak* neveznek. Az ekvatoriális front mentén a poláris fronthoz hasonlóan meleg- és hideg-betörések keletkeznek és ciklonok vagy anticiklonok fejlődnek. Ha már most a sztratoszférában

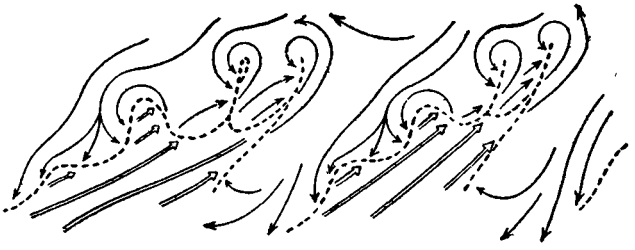
[1] Tehát a ciklon mellső oldalán a magasban a levegő kiáramlik, hátsó oldalán pedig gyengén beáramlik.

keletkezett mélynyomású képződmény egy alacsony ciklonnal találkozik vagy egy maximum valamely troposzférabeli anticiklon fölé kerül, tartós és erős minimumok, illetőleg maximumok jönnek létre. Ezeket a képződményeket magas ciklonoknak és magas anticiklonoknak nevezzük. Mozgásuk iránya az általános nyugat-keleti áramlással tart és az irányt jobban követik, mint alacsony képződésű rokonaik.

3. *Mellékdepressziók vagy másodlagos minimumok.* (L. 19. ábra.) Az időjárási térképen gyakran látható, hogy a depresszió izobárvonalai egy helyen dél felé (vagy kelet felé vagy nyugat felé, csak észak felé nem!) kiöblösödnek, majd az öblösödésben új ciklon támad, amely az anyaciklonról való leválása után erős minimumot alkot. Az ilyen képződményeket másodlagos depressziónak vagy mellékciklonoknak hívjuk. Minket főként az Alpok láncain keletkező itáliai vagy földközi-tengeri másodlagos depressziók érdekelnek. Ezek a friss energiával működő depressziók nálunk keleti szeleket eredményeznek. Keletnek vagy északkeletnek tartanak. Ez utóbbiak hazánk fölött vonulnak el Lengyelország felé. Télen havazást hoznak. Tavasszal a hegyeken felemelkedve óriási csapadékhullást eredményeznek és áradásokat okoznak.

A másodlagos ciklonok keletkezése két okra vezethető vissza. Az itáliai depresszió (a Skandinávia nyugati partjainál születő ú. n. Skagerrak-ciklonhoz hasonlóan) a hegyláncok akadályozó hatására képződik. Az Anglia és Dánia közt levő főciklon melegszektora Délfranciaországig lenyúlik. Menetvonala haladása közben az Alpok dél-északi láncába ütközik, megakad rajta, mire a förgetegvonal utóléri és a ciklon — legalább déli részében —

bezáródik. A poláris front kireked a ciklonból, leszorul a Pósíkságra és a rajta maradt deformáció, alakváltozás ugyanúgy depressziót létesít, mint ahogyan a főciklon keletkezett. Az itáliai ciklon tehát újszülött, mely egyre nagyobb energiához jut és úgy vonul tovább. — A ciklonok keletkezésének másik oka lehet a ciklon elöregedés miatti bezáródása. A ciklon bezáródása után a poláris fronton maradt alakváltozás, betüremlés, új örvénylés, új ciklon szülőoka lehet. Innen van az, hogy Középeurópa északi részén átvonuló anyaciklon jóformán



23. ábra. Két ciklon-család vázlata.

hatástalan, mert élete utolsó stádiumában ért a kontinensre, míg a belőle levált depresszió nagy tevékenységet fejt ki, mert itt kezdi életét.

A mellékdepressziók úgy mozognak, hogy a főminimum jobboldalán igyekeznek az anyaciklont megkerülni és megelőzni. Hogy az anyaciklont megelőzik, könnyen érthető, hiszen életük kezdő stádiumában vannak, mozgási energiájuk fokozódik, míg a fődepresszió sorsa a lassú haldoklás. Az így mozgó, még le nem vált mellékdepressziók is gyors vonulásuk közben viharos esőzéseket hordoznak magukkal.

A mellékdepressziók képződése egyúttal képet ad arról is, miként keletkezik a poláris front mentén az egymást követő minimumok egész sora, a *ciklóncsalád.* A poláris front hullámzása kelti életre az első ciklont. Ennek bezáródásával a poláris front délebbre szorul, a rajta maradt deformáció miatt új ciklon keletkezik. Majd ennek haldoklásával, tőle még délebbre megszületik a harmadik ciklon. Ez a ciklonképződés a passzátok övéig érhet, azon túl ciklon nem keletkezhetik, a poláris front délebbre nem nyúlhat. (23. ábra.) Rendszerint 4 ciklon alkot egy családot. Egy-egy ciklon élettartama körülbelül 7 nap. A poláris front hullámzása egymásután küldi útnak a ciklóncsaládokat.

4. *Magasnyomású hátság.* Két szomszédos ciklon között keletkezik. Sokszor egy maximumnak két ciklon közé eső mély benyúlása. A szelek a közepétől a (divergencia-vonal mellől) ellenkező irányokba a minimumok felé fújnak. A divergencia-vonal mentén a levegő leszállóban van és szélcsend uralkodik. A szelek a depressziók felé erősödnek. Időjárása nagyjában olyan mint az anticiklonoké.

5. *A mélynyomású csatorna* (24. ábra.) viszont a depressziók jellegét ölti magára és ellentéte az előbb tárgyalt helyzetnek. Két maximum között keletkezett s rendszerint két ciklont köt össze. Úgy gondolhatjuk el, mint hosszú völgyet az emelkedésnek képzelt magas légnyomású területek között. A szélirányok a maximumokból a csatorna közepe felé mutatnak, ahol az áramlási vonalak egy vonalhoz, a konvergencia-vonalhoz tartanak. Itt a levegőnek fel kell emelkednie, tehát borult, csapadékos idővel jár együtt.

6. *Az időjárási térképen jelentkező V-alakú vagy*

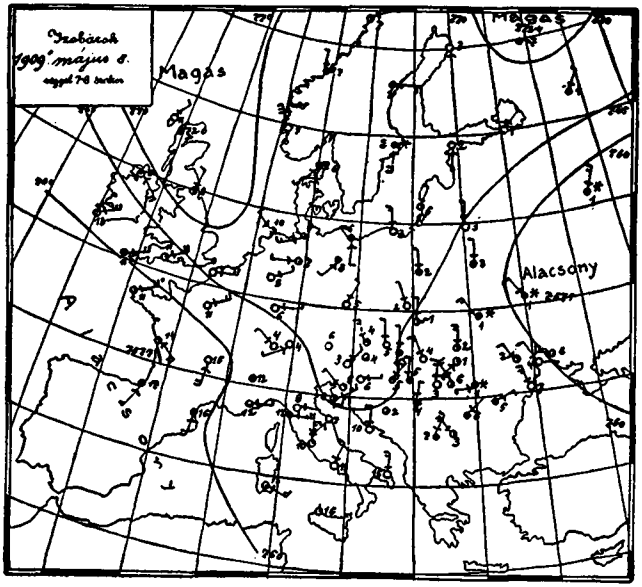
ékalakú izobárok viharok, zivatarok hírnökei. Két erős maximum között szoktak kifejlődni. Hasonlók a mély-



24. ábra. Mélynyomású csatorna Ausztria és Magyarország fölött.

nyomású csatornákhoz. Azt mutatják, hogy a depresszió meleg szektora már egész vékony sávvá zsugorodott össze. Helyzete bizonytalan. A meleg levegőt kis meglódulás magasba emelheti, ami heves zivatarokat, viharos

csapadékokat eredményezhet. Lehet belőlük mélynyomású csatorna vagy másodlagos depresszió is. A meteorológus nagy figyelemmel kíséri őket az időjárási térképen, mert — különösen ott, ahol ritkább a



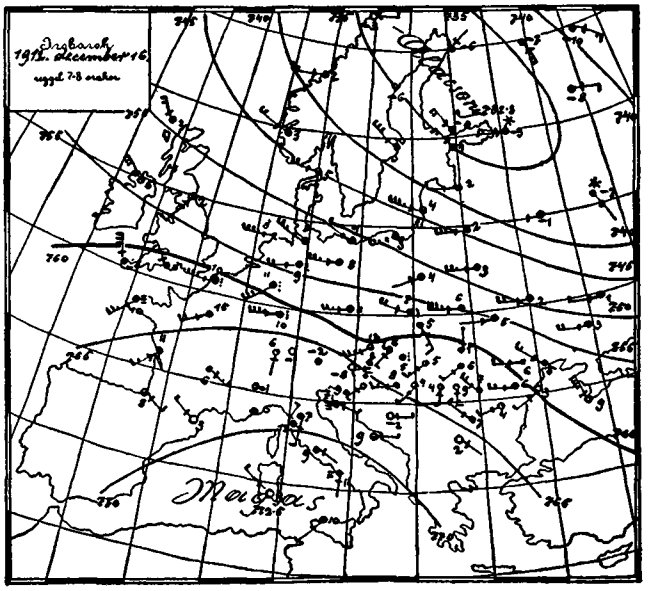
25. ábra. Magasnyomású ék Középeurópa fölött.

megfigyelő hálózat — nem nagyon tűnnek fel, de viszont átvonulásuk helyein gyors időváltozást idéznek elő.

7. *A magasnyomású ékek* a barometrikus hátsághoz hasonló képződmények. (25. ábra.)

8. Az is megesik néha, hogy *az izobárok* egymással *párhuzamosak* és csaknem egyenesek. Különösen neve-

zetes az a helyzet, amidőn a minimum Izland és Skandinávia között van és a Földközi-tengeren magas a légnyomás. Ekkor Európa fölé nyugati légáramlás indul meg, mely télen a tengerek felől délnyugati meleg párás



26. ábra. Egyenes izobárok.

levegőt szállít a kontinensre. Nagy hidegekre feltűnően enyhe téli időt hoz. Ilyen volt az 1912. dec. 16-i helyzet is. (26. ábra.)

Mai felfogásunk szerint mérsékelt égövünk változó időjárását a ciklonok és anticiklonok okozzák. A trópusok időjárása korántsem mutat ekkora változatossá-

got, sőt változását általában egyhangú törvényszerűség jellemzi. Azonban a mi változékony időjárásunk mellett is a ciklonok járásában bizonyos ütemesség észlelhető, 5—6 napos szakaszokban váltakozva vonulnak át fölöttünk ciklonok és anticiklonok, melyeket Bjerknesék szerint a poláris front ingadozása, hullámzása és zavarai keltenek életre. A poláris front ezen ingadozásának irányítására Európát illetőleg három gócpont állapítható meg, melyeket akciócentrumoknak neveztek el. Az egyik Izland környéke, a másik az Azóri-szigetek tája, a harmadik az ázsiai földség közepe. Az első helyről indul ki felénk a legtöbb ciklon-család. A második vidék a szubtrópusi magas légnyomás vidéke, mely helyét évszakonkint bizonyos határok közt változtatja és megszabja a ciklonok keletkezésének legdélibb övét, nyúlványaival, vándorló anticiklonjaival módosítja mozgásukat és pályájukat. A harmadik gócot Myrbach osztrák meteorológus az euráziai kontinens tüdejének nevezte el. Az ázsiai szárazföld közepe fölött télen lehült nehéz levegőtömeg hatalmas magasnyomású területet, anticiklont alkot, melyből gyakran törnek be Európába magasnyomású nyelvek. A lehült levegőtömegekben az izobárfelületek lesüllyednek, a magasban tehát a tengerek felől a földség levegője fölé ömlik a levegő, megnöveli a légnyomást, mire a nagynyomású helyről a talaj mentén a levegő szétáramlik a tengerek felé. Csakhogy ez a kiáramlás a föld felületén megy végbe, ahol a mozgás akadályai nagyobbak, mint a magasban: Ez a kiegyenlítő kilégzés tehát csak darabos szakaszokban, ritmusosan mehet végbe. Ennek a téli kilégzésnek 15, 30, 45 és 60 napos periódusai, szakaszai vannak. Ez az oka annak, hogy telünk többnyire egymást válto-

gató enyhe és hideg szakaszokból áll, és ez az oka például a Gyertyaszentelő körüli időjárási fordulónak is, amelyhez azonban a medvének semmi köze.[1] Nyáron az ázsiai anticiklon elenyészik. Helyét a fölmelegedés miatt mélynyomású terület foglalja el. A fölmelegedés következtében fölfelé kitágult levegőtömeg izobár felületei fölemelkednek és a tengerek felé lejtenek. A magasban tehát áramlás indul meg a tengerek felé, melyek fölött a légnyomás növekszik, mire a tengerek felől a relative hűvös és nedves légtömegek áramlása képében megindul a szárazföld belégzése, hasonló darabos periódusokban, szakaszokban, mint a kilégzés. Ennek következménye nálunk a június első felében bekövetkező és júliusra meg augusztusra is kiterjedő általános hőcsökkenés, mely a hőmérséklet évi menetében világosan jelentkezik. (Az itt leírt lélekzési folyamatot a szelekről szóló fejezetben euráziai monzunnak neveztük.)

A mostanság laikusok által is nagyon fölkapott hőhullámokat és hideghullámokat szintén a meleg- és hideglevegőtömegek ritmikus betörése okozza. Ha egy tartós nyári anticiklon uralma alatt az erős besugárzás nagy melegekkel jár, rögtön hőhullámokról beszélnek, és ha télen egy maximum idején a kisugárzás miatt nagyfokú a lehűlés, hideghullámtól ludbőrzik a jámbor «művelt polgár» háta. Pedig ezeknek semmi közük a hullámokhoz. A hideghullám hideglevegőtömegek átvonulása a Föld színén. A hőhullámok pedig meleglevegőtömegek betörését és átáramlását jelentik valamely vidékén. Következményei lehetnek a kontinens lélekzé-

[1] Termtud. Közl. 1925. 312. o. Az Időjárás. 1926. 129. o. Termtud. Közl. 1928. 153. o.

sének vagy az azori-maximum tevékenységének. Nálunk nem gyakoriak. Amerikában van nagy jelentőségük. Északeurópát és Ázsiát gyakrabban szántják végig.

A ciklonok és anticiklonok vonulása szabja meg azoknak a speciális időjárási helyzeteknek keletkezését is, amelyek visszatérő jellegüknél fogva benn élnek a köztudatban, mint a kánikula, szigorú tél, korai őszi fagyok, vénasszonyok nyara és a rettegett «fagyosszentek».

A *kánikula* és a *zord téli időjárás* egyaránt valami tartós anticiklon következményei. Ilyenkor — miként említettük — az ég derült, az idő csendes. Nyáron a hosszú nappalokra rövid éjtszakák következnek, a nappali erős besugárzás és a rövid éjtszakai lehülés következtében a melegháztartás hőfölöslegekkel jár. A rekkenő hőség egyhangúságát csak a lokális jellegű hőzivatarok zavarják. Télen a helyzet fordított. A melegháztartás a csökkent besugárzás miatt veszteségekkel jár. A levegő mindjobban lehűl. A talaj erős éjjeli lehülése fokozza a hideget és sok helyen ködökkel vonja be a föld színét.

Az őszt széppé, kellemessé varázsoló *vénasszonyok nyara*, mely néha október végéig tart, egy északnyugaton álló depressziónak és egy délkeleteurópai maximumnak köszönhető. Ilyenkor Középeurópában gyenge délies szelek lengedeznek, amelyek a Balkán meleg levegőjével pótolják az éjjelek hosszabbodásával növekedő melegveszteséget. A derült anticiklonos idő viszont a nappali besugárzásnak kedvez. Az elsárgult falevelek hullását aranyesővé varázsolja a bágyadt őszi napsugár, és a derűs színekkel pompázó levegőben feloldva úszik — mint az ökörnyál — a természet haldoklásának csendes szomorúsága.

Alig csalta ki a tavaszi napsugár a növények bimbaját, és alig öltöttek ünneplő ruhát a gyümölcsfák, máris gyakran hervasztja el a gyenge vegetációt a hirhedt *májusi fagy*, amely különösen a szőlőnek ellensége. Szent Pongrác, Szervác és Bonifác vértanuk nyakába varrta a néphit ezeket a fagyokat, és annyira makacsul beleevődött ez a babona a köztudatba, hogy még «természettudtudományos műveltségű» emberek se átallanak felőle hitet tenni. A tavaszi hőcsökkenésnek általános meteorológiai és speciális időjárási okai vannak. Ez utóbbi miatt nem fordulnak elő késői tavaszi fagyok minden évben vagy legalább is nem egyenlő erővel. A tengerek lehűlése lassabban megy végbe, mint a szárazföldeké, és körülbelül április végére fejeződik be. Májusban tehát a tengerek fölött még hideg a levegő. A szárazföldön ugyan már erős nappali fölmelegedések lehetségesek, de ezeket az éjjeli — még mindig hosszabb ideig tartó — kisugárzás felülmúlhatja. Nem kell tehát más, mint egy északnyugati légáramlás, mely a tenger hideg levegőjét önti a kontinensre és derült égbolt. Ezt a speciális időjárási helyzet hozza létre. Ha a levegőt máris erősen lehűtő depresszió vonult el fölöttünk keletnek, úgy hogy a minimum hátsó oldalán vagyunk, hideg északnyugati szeleket kapunk, melyek a levegőt még erősebben lehűtik. (L. a 25. ábrát.) A depressziót követő anticiklon felhőtlen eget jelent, és az éjjeli kisugárzás faggyá fokozza a lehűlést. A talaj nagyfokú kisugárzása miatt különösen a talaj mentén levő rétegek hűlnek le erősen. Másfél méter magasban esetleg 3—4 fok meleg lehet, a talaj mentén pedig —1 vagy —2 fokos fagy pusztíthat. Ha a levegő elég párát tartalmaz, az éjjeli fagy nem következik be: a harmatpont zérus fok fölött van, lehű-

léskor a párák kicsapódnak és a kicsapódás melege meg a keletkezett felhőzet vagy köd a további léhűlést megakadályozza.

Különben a «fagyos-szentek» kérdését többszörösen megvizsgálták. Meteorológiai feljegyzésekből végzett statisztikus számítások bizonyítják, hogy a fagyos napok nincsenek az említett szentek ünnepéhez kötve. Egész májusban előfordulhatnak.[1]

Az őszi gyümölcsérést tönkretevő *kora őszi fagyok* két okból is bekövetkezhetnek. Az első esetben az éjjeli lehűlés a fagy oka, a második esetben már a nappalok is hidegek. Éjjeli lehűlés következtében akkor keletkeznek kora őszi fagyok, ha maximum van fölöttünk vagy a délkelet-európai anticiklon hatása alatt állunk, s ez az anticiklon a Balkánnak már lehűlőben levő levegőjével nem tudja pótolni az éjjeli kisugárzás útján vesztett meleget. Megeshetik azonban az is, hogy egy északkelet-európai maximum és egy Izland-körüli minimum hatására zord északkeleti szelek hűtik le a levegőt és okoznak korai fagyokat.

Az időjárás változásairól alkotott képben nem jutott hely sok ember fő időcsinálójának, a Holdnak. Kétségtelen, hogy a Hold is hat a légkör változásaira, de ez a hatás a többi hatás és változás mellett eltörpül. A képzettebb holdhívők azt szokták érvnek kijátszani, hogy, ha a Hold meg tudja mozgatni a tengerek roppant víztömegeit a tengerjárásban, mennyivel könnyebben mozgathatja meg a sokkal könnyebb levegőt. Igaz. A Hold a légkörben is idéz elő dagályt és apályt. Csakhogy

[1] Magyarországra vonatkozóan: az 1850—1900. terjedő időről Róna, Éghajlat. 2. köt. 5760. 1901—1927. terjedő évekről Steiner, A «fagyos szentek». Termtud. Közl. 1928. 335. o.

a levegő ritka valami ám: a benne létesített árapály csak ötszázadmilliméter légnyomásváltozást jelent. Mi ez az időjárás változása közben mutatkozó majdnem 100 milliméteres légnyomásingadozásokhoz képest! — Azt is állítják a Hold hívei, hogy a telihold előzi a felhőket, a holdtölte derült időjárást hoz. Ezt arra a megfigyelésükre alapítják, hogy valahányszor látják a teli holdat, mindig derült az idő. Tudniillik, amikor nem látják, akkor borult az ég. Ezt azonban nem veszik észre, mert nem akarják észrevenni. Hasonló értékű az újholddal járó esős idő hite is. — A bécsi meteorológiai intézet megfigyelései alapján szigorú és alapos statisztikai vizsgálatnak vetették alá ezt a kérdést. Az 1900—1924-ig terjedő 25 évből semmi pozitivum nem adódott a holdhívők javára. — Különben megnyugodhatnak a hold fanatikusai: Sok nagynevű meteorológus, óriási munka árán és az övéket messze túlszárnyaló tudományos felkészültséggel vizsgálta meg reguláikat és valamennyit hasznavehetetlennek találta.

A mérsékelt övek időjárását a ciklonok és anticiklonok csinálják. Ezek természetének behatóbb kutatása a meteorológia célravezető feladata és jövendő fejlődésének útja.

X. Az időjóslás és az időjárás módosítása.

Az ember korán megtanulhatta respektálni a természet erőit. Táplálékául szolgáló zsákmányát messze vidékre riasztotta a szárazság. Barlangját villám sujtotta. Sátorát a szél tépázta meg. Halászterületét elzárta tőle az árvíz. Hajóit fölfordította a vihar ereje, vetését learatta a jégeső. És a gyenge ember, aki megnyergelte a tenger habjai hátát, gátat vetett a folyók árjának, híddal láncolta össze a folyamok partját, kőházat épített a sátorok helyébe, igájába gyűrte a villámokban pusztító erőket, versenyre kelt az ég madaraival és az éther hullámainak szárnyán küldi gondolatait: már ősidőktől kezdve kutatni kezdte az időjárás gépezetének rugóit, megpróbált irányt szabni fejlődésének, esőt akart kicsikarni a felhőkből és el akarta űzni feje felől a jeget ígérő felhőtornyokat: régtől fogva megpróbálkozott az időjóslással és időcsinálással. Minden népnek egész halom regulája van, amely időjóslásra szolgál.

A népies időjóslási szabályok azonban nem mind vehetők készpénznek. Nagy többségük sötétben való vak tapogatózás, babonás hókusz-pókusz vagy alapnélküli általánosítás. Sok közülük évszázadokon át öröklődött nemzedékről-nemzedékre és szinte kiirthatatlanul ívódott bele az emberek lelkébe. Van köztük az emberek hiszékenységére alapított üzleti fogás is elég. A százesztendős jövendőmondó, mely még ma is elengedhetetlen része

a legtöbb kalendáriumnak, a naptárakban az egyes napok mellé írt és egész évre előre megadott, minden alap és ok nélkül összeállított időjóslások, álomlátóknak és egyéb «mester»-eknek hónapról-hónapra ujságokban is közölt jövendölései az emberi haladás szégyenfoltjai. Senki se kéri számon a készítőjüktől a «tévedés»-eket, de viszont évekig elélnek egy-egy véletlen ráhibázásból. Művelt emberek is olvassák őket. Nem nagyon hisznek ugyan benne, de úgy vannak vele — hátha mégis... Arra senki se tartja őket érdemesnek, hogy felülvizsgálja jövendöléseik eredményeit. Igy élhetnek még ma is a köztudatban és állhatják útját az ismeretek terjedésének. A közönség jórésze róluk ítéli meg a tudományt is.

Az ú. n. parasztregulákkal is jó lesz óvatosan bánni, mert nem mind arany, amit a pásztorok csináltak — ha versbe is van szedve. Gyüjtésük és kritikájuk folyamatban van.[1] Németországban 93 ilyen szabály közül 9-et találtak helyesnek, 11-et körülbelül jónak, 17-et bizonytalannak, 44-et értéktelennek és 12-őt hamisnak.[2] Egyrészük magától értetődő, akár az álmoskönyvnek az a passzusa, hogy: «lúdhúst enni — jó», avagy az 1626-os fejérvári kalendáriumnak decemberre elhelyezett «százesztendős» bölcsesége, hogy: «Jó suba, bor, meleg ház: az hurut ellen nincs jobb orvosság». Vannak a regulák közt semmitmondó nagyképűségek, amelyeknek nem több az értékük, mint annak a tréfás versiké nek.

[1] Sok található összegyüjtve Az Időjárás évfolyamaiban. Lásd különösen Az Időjárás 1901. 358. o., 1908. 197. o. 1917. 7. és 95. o., 1926. 169. o., 1927. 90. o., továbbá Termtud. Közl. 1925. 355. o., 1928. 153. o.

[2] Schmauss: Wetterkunde u. Landwirtschaft, 13. o.

«Ha a baromfi korán elül,
Vagy beborúl vagy kiderül.
S ha a nap felhőben áldozik,
Vagy így marad, vagy megváltozik».

A helyesnek mutatkozó regulák se egyformán értékesek. Egyrészük nem a jövendő, hanem a már meglévő vagy épen kifejlődő időjárásra vonatkozik. Még nagyobb részük — mint az ember közérzetéből, állatok és növények viselkedéséből vont következtetés — nem mond többet a barométernél vagy nedvességmutatónál, pedig ezek egymagukban nem csalhatatlan eszközei az időjóslásnak. Hozzá ezek a «természeti műszerek», mint a «bogaras» jószág, esős időben összehúzódó növények vagy az ember tyúkszeme, nem is olyan könnyen kezelhető vagy hozzáférhető eszközök, mint a barométer vagy higroszkóp — legalábbis a városi ember számára, akinek nincs csordája, kertje se akad egyéb egy cserép virágnál, a tyúkszemét is kivágja a «pedikür-intézet». Meg aztán nem is olyan megbízhatók. Az ember tyúkszeme példának okáért nemcsak azért fájhat, mert süllyed a légnyomás, hanem azért is, mert — szűk a cipő. Talán egy aneroid többe kerül, mint egy tyúkszem (ámbár nem hiszem, hogy olcsóbba ne kerülne egy kiadós reumánál, mely a tyúkszemnél is nagyobbkeletű időjós), de viszont nem kell nála félni cipőváltozással járó üzemzavaroktól, ellenben érteni, azt kell hozzá egy kicsit.

A józan megfigyelésen alapuló regulák jól felhasználhatók a bekövetkező idő előre megállapítására. Tudományos apparátussal dolgozóknak is jó segítőtársai, ha egy részüknek csupán statisztikai értéke van is. Ezek csak arra vonatkoznak, hogy adott jelek mellett legtöbbször ez meg az az idő következik.

A népies időjárási szabályok tehát csak okkal-móddal használhatók és csak arra a vidékre alkalmazhatók, amelyre ellesték őket. Eleve kételkedéssel nézhetünk azonban azokra, amelyek meghatározott napokra, időpontokra vonatkoznak.[1]

A tudományos időjóslás nem járhatja útját vaktában, okok ismerete nélkül tapogatózva. Nem is helyes számára az időjóslás nevet használni. Az «időjárás előrejelzése» hosszú magyar kifejezés helyett a prognózis szót használjuk. A prognosztikának az a végső célja, hogy a meglévő meteorológiai elemekből számítás vagy következtetés útján tudja meg a következő időjárási helyzetet, amint pl. a fizikus kiszámítja, mekkora lesz bizonyos térfogatú, hőmérsékletű és feszítőerejű gáz térfogata, ha a hőmérséklete és nyomása megváltozik. Ehhez azonban a meteorológiai elemek összefüggését kellene annyira ismernünk, hogy összefüggésüket képlet segítségével tudnánk kifejezni. Ekkora fejlettségi fokra azonban még nem jutott el a meteorológia, meg ez a számítási mód hosszadalmas is és így egyszerűbb és biztosabb a következtetés. Ilyen irányú számításokkal azonban máris történtek próbálkozások. Ilyen például Richardson angol matematikus és meteorológus «időjárás-számítása» 1910. május 20-ikára.[2] Számításának eredményei eltértek a bekövetkezett időtől, de próbálkozása bizonyíték, hogy ez az út se az álmok útja.

A meglevő nagy észlelési anyagot statisztikus úton is próbálták az időjóslás szabályainak leszűrésére fel-

[1] Az utolsó fejezetben néhány használható szabályt megemlítünk.

[2] Richardson, Weather Prediction by Numerical Process. Cambridge, 1922.

használni. Ilyen módon állapította meg például van Bebber a depressziók által leggyakrabban követett útirányokat. Ez a módszer azonban csak azt adná meg, melyek a leggyakrabban következő időjárási helyzetek és átalakulások, de természetükből következik, hogy a leggyakoribb értéktől vagy pláne az egyszerű középértéktől több-kevesebbszámú eltérés is adódik és az ilyen eltérés a kérdéses esetben is bekövetkezhetik.

Ugyancsak a meglévő meteorológiai észleléseket használja fel Kaltenbrunner[1] időjóslásra. Abból az elvből indul ki, hogy egyenlő meteorológiai tényezők azonos időt eredményeznek. Tehát, ha megfelelő hosszú időről rendelkezésünkre állanak valamely hely meteorológiai feljegyzései, nem kell mást tennünk, mint azt a napot kiválasztanunk, amelyen reggel 7-kor a kérdéses napéval egyező volt a meteorológiai elemeknek (főként a légnyomásnak, széliránynak, felhőzetnek) értéke: amilyen idő következett az akkori helyzetre, ugyanolyan következik a kérdéses napon is. Kaltenbrunner módszere a gyakorlatban jól bevált. A felhőzetre vonatkozó prognózisai 82%-ban, a csapadékra vonatkozók 76%-ban teljesültek. Ha számtáblázatok helyett hosszú időről összegyüjtött és bizonyos rendszer szerint összeállított szinoptikus térképek szolgálnának prognózisa alapjául, még könnyebben használható módszerré fejlődhetne. Az az előnye, hogy — ha a megfelelő feljegyzések kéznél vannak — nagyobb jártasság és sokoldalú meteorológiai tudás nélkül elkészíthető a prognózis. Viszont rovására lehet írni azt, hogy statisztikus úton készült, nem okozati

[1] Kaltenbrunner: Aus den jeweiligen Stand u. Gang des Barometers das zukünftige Wetter mit grosser Treffsicherheit vorauszubestimmen. Linz, 1915.

összefüggéseken épült föl, ezért fejlődésének lehetősége hamar kimerül. Ugyanis a végnélküli változatokat mutató összes időjárási helyzetek összeállítása nem lehetséges, két teljesen egyforma helyzet pedig nem adódik. Már pedig e módszer úgy volna tökéletesíthető, ha minden időjárási helyzetnek találnánk a multban megfelelőt. (Még egy nagy hátránya, hogy hosszabb idejü — pl. 2—3 napos — prognózisra alkalmatlan.)

A szinoptikus meteorológia a ciklonok és anticiklonok, meg a velük rokon izobár alakzatok segítségével kutatja a várható időjárást. Minél nagyobbszámú, minél pontosabb és minél nagyobb területről gyüjtött észlelési anyag áll rendelkezésre, és minél jobban ismerjük az időjárás törvényeit, annál jobb lesz a prognózis. A prognózis-készítéshez térképeken ábrázoljuk a nap bizonyos órájában (reggel 7, este 7 óra) az időjárást. E térképekkel már megismerkedtünk. Az időjárás legfontosabb törvényeit is megtárgyaltuk. Ezeket a törvényeket kell a prognózis készítőnek minél alaposabban ismernie; jól és gyorsan kell olvasnia a szinoptikus térképeket. Több évre terjedő tapasztalat, gyakorlottság és jártasság teszik teljessé felkészültségét. A prognózis-készítésnél három probléma vár megoldásra: 1. Milyen időjárás jár együtt az előttünk térképen fekvő izobár-alakulattal? 2. Milyen irányban és mennyire változtatja helyét a következő 12 vagy 24 órában? 3. Mozgása közben milyen változásokat, átalakulásokat szenved? Ezeknek a kérdéseknek tisztázása céljából, mint láttuk, 7 térkép áll a prognózis-készítő rendelkezésére, melyeket maga készített a beérkezett napi jelentésekből: izobár-térkép; izotermás-térkép; a levegő áramlási vonalainak térképe; csapadék-térkép; az ú. n. tendencia-térkép, mely

azt tünteti fel, hol emelkedett, hol süllyedt és hol volt állandó a légnyomás az utolsó 3 órában; az izallobárok, illetőleg izallotermák térképe, melyeken folytonos görbe vonalak kötik össze azokat a helyeket, ahol az utolsó 24 (12) órában a légnyomásnak, illetve hőmérsékletnek *változása* egyenlő volt. Ezek a térképek szolgálnak a helyzet megítélésére, a diagnózis megállapítására. Ebben az a leglényegesebb, hogy az utolsó 24 (12) óra alatt mi változott meg és milyen új elemek léptek be a térképbe. Ha a helyzet képe tisztán áll előttünk, annak megállapítására kerül sor, miként alakul át és milyen lesz a következő 24 órában az időjárási térkép. Ennek eldöntésére elméleti és gyakorlati kutatásokból leszűrődött szabályok állnak rendelkezésre. Egy-kettőt már ismerünk közülök. A legfontosabbakat nagy vonásokban megtárgyaljuk:

1. A levegő áramlási vonalainak irányát meg a hőmérséklet-eloszlását használja fel Exnernek ez a szabálya: Ha a levegő melegebb vidékről hidegebb vidékre áramlik, ez utóbbi helyen a légnyomás süllyedni fog és viszont.

2. Ha a hőmérséklet változását feltüntető térképet (izallotermás-térkép) hasonlítjuk össze az áramlás irányaival, akkor a Defant-szabály adja meg a következő 24 órára a magasnyomású és alacsonynyomású képződmények helyét: Ha az áramvonalak süllyedő hőmérsékletű helyről emelkedő hőmérsékletű helyre vezetnek, ott a légnyomás növekedése következik és viszont.

3. A csapadék-eloszlás térképéről is következtethetünk az izobárok eltolódásának irányára és alakváltozására, ha Defant másik szabályát alkalmazzuk: Ott, ahol a reggeli esőtérképen, mely az előző nap reggel 7 órá-

jától a ma reggel 7 óráig hullott csapadékmennyiséget tünteti föl, összefüggő csapadékterület van, a légnyomás emelkedni fog. Esőmentes területeken a légnyomás süllyedése várható.

4. A különböző magasságokban uralkodó szélirányok és szélerősség se utolsó támaszték a bekövetkező változások megítélésében. A reggeli pilot-ballonészlelések eredményeit Exner így foglalja hasznosítható szabályba: Ha a szél irányába nézünk és a magasság növekedésével a szél iránya a föld felületén futó izobárvonalaktól egyre inkább jobbra tér el, akkor a légnyomás csökkenni fog, ellenkező esetben emelkedést mutat.

5. Az izotermás térképen kijelöljük a hőcsökkenés irányát: ahol az izotermák legközelebb futnak egymáshoz, ott a legnagyobb a hőcsökkenés; ha ezirányban vonalat rajzolunk, megkapjuk a hőcsökkenés irányát. Az előző fejezetben ismertetett szabály szerint (Mohn—Exner-teória) a depresszió ezen vonalra merőleges irányban halad tovább úgy, hogy a magasabb hőmérsékletű terület jobboldalán marad el. Ha például a Balkánon lényegesen nagyobb a hőmérséklet, mint Középeurópa északnyugati részén, akkor a depresszió a Pó-síkságról hazánkon, Csehországon és Kelet-Németországon keresztül északkeletnek tart.

6. A légnyomás változásának az utolsó 3 órában mutatkozó hajlama (tendenciája) is fontos útbaigazítást adhat, mert a folyamatban levő változásokról szolgál felvilágosítással.

7. A ciklonok életük különböző stádiumaiban különböző viselkedést tanusítanak. Ezért a térképen való megjelenésüktől kezdve figyelemmel kell őket kísérni. A ki-

fejlett melegszektorral rendelkező ciklon élete virágában van, tehát benne a légnyomás mélyülni fog. A bezáródott ciklonok haldoklanak, elsekélyesednek, vonulásuk sebessége csökken, vagy meg is állanak és kitöltődvén elpusztulnak.

8. Számolni kell azzal is, hogy a ciklon-család melyik tagja irányítja az időjárást, és vajjon várható-e még délre újabb ciklon születése.

9. Az izobár-vonalak betüremlései és kiöblösödései meg ékalakú nyúlványai nagy gonddal figyelendők. Új ciklonok leválása, gyors és erős időváltozás járhat a nyomukban. A kisebb ékek egymásra következő hidegbetöréseket jelentenek. A nagyobb ékalakú depressziók és magasnyomású ékek helyváltozását a nagyon fontos és jól bevált Guilbert—Grossmann-féle[1] szabály írja le, amely szerint a V alakú depressziók járásában az a törekvés nyilvánul meg, hogy 24 órán belül az előttük járó magasnyomású ékek helyére jussanak, az utóbbiak pedig az őket megelőző mélynyomású nyúlványok helyét foglalják el. Sőt nem is szükséges, hogy az izobárok V alakú depressziókat vagy magasnyomású ékeket alkossanak, elegendő az izobároknak betüremlése vagy kiemelkedése is. A helyváltozás sebessége néha félakkora, néha kétszerakkora, mikor is az ékalakú depresszió az előtte járó ékalakú depresszió helyére jut, a magasnyomású ék az őt megelőző magasnyomású ék helyét foglalja el.

10. Szép sikereket ért el Guilbert[2] francia meteorológus a róla nevezett szabályokkal, melyeknek lényege

[1] Grossmann: Wie steht es um unsere Wettervorhersage? Annalen der Hydrographie u. marit. Meteor. 1912. jan.-i szám.

[2] Guilbert: Nouvelle Méthode de Prévision du Temps. Paris, 1909.

a következő: Ahol az izobárok legközelebb futnak egymáshoz, ott kellene normális körülmények közt a legerősebb szeleknek fújniok. Nem mindig van így. Néha feltünően enyhe szelek uralkodnak ott, ahol nagy a barométeres grádiens, és erősebb szeleket találunk a térkép azon helyein, ahol a grádiens kicsiny, ahol tehát normális viszonyok közt a szeleknek gyengéknek kellene lenniök. Guilbert szerint a depressziók abban az irányban tolódnak el, ahol a normálisnál gyengébb szelek fújnak és ott, ahol a normálisnál erősebb szél uralkodik, légnyomás-növekedés következik.

11. A ciklonok vonulásában mutatkozó 5 és fél napos periódus is belevonható a számításokba. Ez a periódus sokszor hosszabb ideig szabályszerűen jelentkezik és csak aztán ugrik át más értékre.

A nagyobb magasságok légköri viszonyaitól függő magas ciklonok és anticiklonok életének előrejelzése ma még nagyobb nehézségekbe ütközik, mert a nagy magasságokból hiányzik a kellő számú meteorológiai észlelés.

Az időváltozások gyors lefolyása, a ciklonok vándorlásának sebessége és átalakulása érthetővé teszi, hogy a meteorológia mai fejlettsége mellett 24 (vagy kedvező esetekben 48) óránál hosszabb időre prognózis nem készíthető. Rövidebb időtartamú (pl. 12 órára érvényes) prognózis kedvezőbb eredményeket ad. Ez érthető, hiszen 24 óra alatt (sok, a prognózis felállításakor előttünk homályban maradt időjárási tényező hatása következtében) az időjárási helyzet tökéletesen átalakulhat. A prognózisok nem egy helyre, hanem nagyobb területre — melynek éghajlata egyforma — vonatkoznak pl. egész Csonkamagyarországra. Ebből aztán következik, hogy nem tartalmazhatja, vajjon Középfelsőburgözdön lesz-e

holnap jégeső, hanem Csonkamagyarország következő 24 órai időjárásának általános jellegét adja meg, például ilyen formában (egy elvonuló depresszió után): «Hazánk egyes vidékein (főként nyugaton) még eső vagy zivatar várható, fokozatos lehüléssel» vagy «Nyugatról az eső megszűnésével igen hűvös és egyelőre még szeles idő. Éjjeli fagy.»

A prognózisok beválásának százaléka 85. Azaz 100 közül 85 helyes, 15 helytelen szokott lenni. A széliránya és szélerősségre vonatkozó prognózisok beválási százaléka nagyobb, mint a csapadékra vonatkozóké. Ez is az oka, hogy míg a hajózásban a meteorológiának régóta nagy szerep jutott, addig a földmívelők lassabban látják be hasznos és értékes voltát.

Hosszabb időre szóló prognózis a kísérletezés és kezdeményezés stádiumában van. Természetesen nem arról van szó, hogy annyira is pontosan körvonalazott tartalmú időjóslatokat készítsenek, mint a 24 órára érvényes prognózisok. A törekvések odairányulnak, hogy hosszabb időtartamra meghatározzák az időjárás általános jellegét (pl. hűvös vagy meleg hónapok, száraz vagy nedves esztendők). A próbálkozások több irányban haladnak. Egyesek, mint Clayton, a napsugárzás változásában keresi az időjárás változásának okát. Módszerét Amerikában alkalmazzák. Egy-egy hétre előre ad hőmérsékletre vonatkozó prognózisokat.[1] Mások abból indulnak ki, hogy az időjárás anomáliái, rendestől való eltérései valahol kiegyenlítődnek és ott az időjárást módosítják. Statisztikus úton pl. Bliss megállapította, hogy Anglia tele a Nilus előző évi viselkedésével függ össze. Baur

[1] Az Időjárás, 1927. 83. o.

német meteorológus hasonló úton készített Magyarország számára eső-mennyiség prognózist. (Korrelációsmódszer.)[1] A légnyomás ingadozásának számos ritmikus hullámra bontásával próbálkoznak Vercelli és Weickmann. Időjárásunkban különböző periódusok mutatkoznak. Ezeknek felkutatása és kritikája több szakember tanulmányának tárgya. (A nagyközönség egyidőben nagyon divatba vette ezeket az időjárási periódusokat. Ha egy hétig esett az eső, már új időjárási periódust állapítottak meg, és ha pár napig kemény hideg uralkodott télen, rögtön Európa klimájának megváltozásáról, új jégkorszakról tárgyaltak.)

Az ember nemcsak a Földnek rabja, a Földé, mely a súly láthatatlan láncaival köti ide, hanem rabja az időjárásnak is. Mindent megkísérlő, minden akadállyal szembeszálló szelleme régtől fogva próbálkozott azzal is, hogy kiszabadítsa magát, függetlenítse magát az időjárás rabigájából, irányt szabjon az idő változásának, szóval időt csináljon. Az elért eredmény nagyon gyengének mondható. Az éjjeli fagyok ellen való védekezést (melyről az utolsó fejezetben van szó) és a villámhárítót leszámítva, az eredmény zérussal határos. A nagy port fölvert viharágyúzás, melynek segítségével a felhők felé lőtt légörvénygyűrűkkel akarták a felhőket eloszlatni, csődöt mondott és megszűnt. Az esőcsinálás minden kísérlete eredménytelen maradt.[2] Az indiánokról beszélik, hogy a prérik felgyujtásával csinálnak esőt. Nagy tüzeseteknél, pl. felrobbant olaj égésekor, a felszálló légáramlás kelthet

[1] L. bővebben Az Időjárás 1927-es kötetét. Termtud. Közl., 1927. 509. o.

[2] Az Időjárás, 1926. 98. o., 1927. 86. o.

erős szeleket, sőt tornádót[1] is, de jelentős esőmennyiséget még ilyen úton sem sikerült elérni. Ha sikerülne is, roppant nagy ár lenne érte az elpazarolt energia. Az 1918. jún. 6-án történt kievi robbanás alkalmával, melynél 11 ezer tonna lőszer explodált, bár a robbanás keltette légörvény túlment a felhőkön is, vonulásuk irányát nem változtatta meg. A robbanástól 8 km-nyire félmilliméter esőt mértek. A hőmérséklet, légnyomás, páranyomás emelkedett és a szél ereje fokozódott.[2] Ennyi helyi hatása volt ennek az irtózatos energiának, melynek melegével 223 ezer hektoliter 0 fokú vizet lehetett volna felforralni.

Ma tehát az időcsinálás reménytelen mesterség. Wendler[3] szerint legfeljebb azt lehet remélni, hogy labilis légköri állapot esetén, amikor a kondenzálódáshoz vagy az esőcsöppek egyesüléséhez kicsiny ok hatása is elegendő, például repülőgépeken való célszerű beavatkozással meg lehet majd indítani a csapadék-képződést. Ma ettől is messze vagyunk.

[1] Az Időjárás, 1927. 59. o.
[2] Az Időjárás, 1920. 80. o.
[3] Wendler: Das Problem der technischen Wetterbeeinflussung. Hamburg, 1927.

XI. Amatőr-meteorológus.

Nem lehet mindenki hivatásos meteorológus, nem rendelkezhetik mindenki egy meteorológiai állomás eszközeivel, azonban sok embernek vág bele az érdeklődése körébe, sokszor a kenyerébe is: miként tud magán segíteni az időjárás jelenségeivel kapcsolatban. Aztán passziónak is különb, nemesebb passzió amatőr-meteorológusnak lenni, mint — teszem azt — akasztott ember kötelét gyüjteni.

Az amatőrség azonban nem kontárságot jelent. Az amatőrnek sokszor nehezebb a dolga, mint a hivatásos meteorológusnak, mert nem áll rendelkezésére annyi eszköz, mint annak, másfelől azonban előnyösebb is a helyzete, mert — ha nyitott szemmel és kellő tudással figyeli az atmoszféra életét — több olyan támasztékra is akad, amivel szakember nem rendelkezik. Tudományát megfigyelésből nyert tapasztalatokkal gazdagítja, szerényebb eszközeit saját ügyességével tökéletesíti. Az amatőrség nemes foglalkozás, mely sok tiszta örömmel, meg számbavehető haszonnal is jár. A természet szeretete, tárgyilagos megfigyelésre törekvés, lankadatlan lelkesedés az amatőr lelki tulajdonságai. Szellemi felkészültségét kielégítő tudás és megfigyelőképesség alkotják. Aki a meteorológiában a holdvilágnál tart, esőjóslatait az álmában látott halottakra alapítja, barométere a tyúkszeme és időjárási térképe a Márton-napi lúd mell-

csontja, az menjen el javasasszonynak, ne meteorológus-amatőrnek. Minél nagyobb valakinek a tudományos felkészültsége, annál több eredményt ér el. A tudásra nem áll az a közmondás, hogy «a jóból is megárt a sok». Az amatőrnek legalább is az időjárás legfontosabb törvényeit kell ismernie.

A nem hivatásos meteorológus anyagi felkészültsége néhány eszközre szorítkozik, de ezeknek használhatóknak kell lenniök és bánni kell velük tudni. Nem elég aneroidért, hőmérőért és nedvességmérőért a drága pénzt kiadni és fölakasztani őket a kályha mellé, aztán várni, hogy mondják meg, milyen idő lesz. Eszközeink beszerzésében az az elv vezessen bennünket, hogy inkább kevesebb műszert veszünk, de kifogástalant. (És a nedvességmérővel nem a szobalevegő «nedvességét» mérjük, mert attól biztosan nem függ az időjárás!)

Az aneroid nem akkor a legjobb, ha cifra tokja van és minden tücsköt-bogarat ráírt a skála mellé a készítője. Megbízható gyártmányt kell beszerezni. Az aneroid barométer vagy fémbarométer egy hullámos-fedelü zárt fémdoboz, melyből a levegőt eltávolították. A légnyomás változása szerint a fémdoboz teteje jobban vagy kevésbbé belapul és belapulását a mutató légnyomás-milliméterekben jelzi. Az aneroid jóságáról úgy győződhetünk meg, ha mutatóját egy megbízható higany-barométer által mutatott légnyomásra állítjuk, aztán hosszabb időn át figyeljük, összehasonlítjuk a két barométer járását. Ha adatai állandó kis eltérést mutatnak a higanybarométer adataitól az aneroid használható. — Az állandó eltérést följegyezzük és a mindenkor leolvasott értékekhez hozzászámítjuk. Ez az aneroid hibája. Ha azt akarjuk, hogy

fémbarométerünk a tengerszinre redukált légnyomást mutassa, egy higanybarométer tengerszinre átszámított légnyomására állítjuk a mutatóját. Ha nincs kéznél a közelben higany-barométer, akkor több napon át reggel 7-kor feljegyezzük az aneroidunk mutatta légnyomást. Aztán egy olyan meteorológiai-állomás tengerszinre redukált egyidejű légnyomásaival hasonlítjuk össze, amely állomás tengerszínfölötti magassága a mi helyünkkel közel egyenlő. (Az összehasonlításra szolgáló adatokat vagy az időjárási térképekről, vagy az ujságokból nézzük ki, vagy esetleg a Meteorológiai Intézettől kérjük. Ez a tengerszínre beállítás nem nagyon fontos.) A mutató igazítására az aneroid hátsó lapján kis bemélyedésben levő csavar szolgál. Óvatosan kell vele bánni. Az aneroidot lehetőleg olyan helyre állítsuk, ahol a hőmérséklet állandó, mert a hőmérséklet okozta kiterjedés és összehúzódás is változtatja a mutató járását. Nagy hőingadozások megbízhatatlanná teszik az aneroid adatait. A falon függő aneroid nem mutat helyes értékeket. Leolvasáskor hátsó lapjára kell fektetni és leolvasás előtt — a mutatószerkezet súrlódásának és tehetetlenségének leküzdése céljából — gyengén meg kell kopogtatni. A skála milliméterekben adja a légnyomást. Kis gyakorlattal a milliméter tizedrészeit is jól le tudjuk olvasni (föltéve, hogy aneroidunk nem akkora, mint egy női karkötőóra). A leolvasás félszemmel történik szemünk a mutató fölött a számlapra merőlegesen áll. (A «toronyiránt» történő leolvasások csak «tyúkszem»-pontosságúak.) Az aneroidot ütéstől, rázástól óvni kell, mert finom áttételei vannak. Időnkint össze kell hasonlítani egy higany-barométerrel, vajjon állandó hibája nem változott-e meg.

Az aneroidon gyakran látható egy másik mutató is, mely az üveglap közepén álló gombbal igazítható. Ha leolvasás után az aneroid mutatója fölé állítjuk, később megállapíthatjuk, mennyit változott a légnyomás az utolsó leolvasás óta.

Ha higany-barométert szerzünk be, legalább U-alakút vegyünk, ne körtés-barométert. A skála a cső mellett úgy legyen elhelyezve, hogy a higany alsó és felső nívóját is le tudjuk olvasni. A kettő különbsége adja a légnyomást. Portól meg kell óvni és néhány év multán higanyát hozzáértővel meg kell tisztogattatni. (Az adatok redukálásához szükséges táblázatok megtalálhatók pl. Róna Zs. többször említett könyvében.)

Sokkal több baj szokott lenni a hőmérővel, pedig az nem is annyira kényes eszköz, mint a barométer. Hogy megbízhatónak kell lennie, arról nem is beszélek. Ha jut rá pénz, vegyünk August-féle pszichrométert: a nedvességmérést is megoldottuk vele. A pszichrométer hőmérői kéttized fokokra osztottak, tehát a tized-fokokat pontosan le tudjuk róluk olvasni. Legjobb nem a fára erősített, hanem üvegcsőbe foglalt szabad-hőmérő, melynek skálája az üvegbe van karcolva. Kavaró-hőmérőnek is használhatjuk, meg minden oldalról éri a levegő is. Még nem végzetes baj, ha falapra van erősítve, bár az ilyen inkább csak szobahőmérőnek való. Nagyobb baj az, hogy az ablakfára erősítik, ahol a falnak, fának, szobának melege is éri, meg sokszor süti a nap is. A gazdája aztán a hőségtől lihegve meséli, hogy 42 fokot mutatott a hőmérője — napon. Igazat mond, de a levegő hőmérséklete jóval alacsonyabb volt (esetleg 20—25°). A hőmérő a besugárzott és elnyelt meleget mutatta. Mutat többet is, csak be kell kormozni a gömb-

jét! Ennek a nagyon laikus kifejezésnek: «hőmérséklet napon» nincs sok értelme, mert a napsugárzás erején kívül a hőmérő anyagától és környezete (fal, deszka stb.) hőelnyelő képességétől is függ. A hőmérőt szabadon kell elhelyezni, hogy felvehesse a levegő hőmérsékletét. Ne érintkezzék más tárgyakkal, mert ezektől is melegszik vagy hűl. A napnak sohase szabad a hőmérőt sütnie. Kertekben, gazdaságokban nem nehéz az ilyen elhelyezés. Ha nincs módunkban farácsos hőmérő-házikót[1] készíteni (ügyes amatőrnek ez se ördögség) vagy készíttetni, legalább árnyékba állítsuk a hőmérőt, falhoz, fához ne közel. Például készíthetünk zsalúszerű ellenzőt vagy egyszerű deszkából készült védőt is. Ennek északi oldalán kar nyúlik ki 30-60 cm-re (minél hosszabbra, annál jobb) és a kar végén lóg szabadon a hőmérő. A deszkalap csak akkora és olyan irányú legyen, hogy a hőmérőt a napsugár ne érhesse és a levegő szabadon mozoghasson a hőmérő körül. Ha ennyire sem telik az erszényből vagy az ügyességből, függesszük a hőmérőt valamelyik vastagabb törzsű fa derekának északi felére 1·5—2 m magasra. De a fa koronája ne legyen alacsony, mert megszorul alatta a levegő. — Városok kőrengetegei közt nehezebb jól elhelyezni a hőmérőt. Városban más is a hőmérséklet, mint szabadban. Nyári délután a falak, kövezet csak úgy ontják magukból a meleget. Az ablakba elhelyezhető bádog-házikó kissé drága, nem is a legjobb megoldás.[2] Jó elhelyezés nélkül is lehet azonban a levegő hőmérsékletét mérni: a hőmérőt (úgy fogva, hogy kezünktől ne melegedjék) 1—2 percig köz-

[1] L. Róna: Met. megfigyelések könyve 32 o.
[2] Róna, 35. o.

ben forgatjuk — mint a parittyát — forgás közben fölveszi a levegő hőmérsékletét.

Növénytermelőknek fontos tudniok, hogy a talaj mentén lényegesen más lehet a hőmérséklet, mint pár méterrel magasabban. Ezért — különösen, ha éjjeli fagy fenyeget — a hőmérőt úgy állítjuk, hogy gömbje a talaj színe fölött 2—3 cmnyire legyen. (Este már nem kell félni a napsugárzástól, azért ez az elhelyezés nem ütközik nehézségbe.) Ha minimum hőmérőnk van, még jobb. Igy aztán pontosan tájékozottak vagyunk az alacsony növényzet körül uralkodó hőmérsékletről és nem ér bennünket az a meglepetés, hogy — míg embermagasságban zérus fok fölött áll a hőmérő — azalatt a talaj mentén a növények elfagynak.

Nedvességmérőnek jó a hajszálas higrométer. Százalékokban olvasható le róla a levegő nedvessége Zsírtalanított hajszálnak nedvesség hatására való különböző hosszúságváltozásán alapulnak. Az időjósló házikók is higrométerek. Kár értük a pénzt kidobni. A higrométernek azonban nem az íróasztalon vagy a falon a helye. Ha az időjárás figyelésére akarjuk használni, akkor szabadban kell elhelyeznünk. Szárazra fűtött szobában akkor is túlkevés párát mutat, ha odakint zuhog az eső.[1]

A szélirány meghatározása se hozza zavarba az amatőrt. Az északi irányt a sarkcsillag segítségével elegendő pontosan ki tudja tűzni. Szélzászlót is tud csinálni, ha készre nem telik pénzre. Fontos, hogy a szélzászló szabadon álljon és könnyen forogjon. Ha nincs szél-

[1] A nedvességmérőhöz való táblázatokról és helyi jellegű időjóslásra használatáról, l. Dörr u. Schlein, Hygrometertafeln usw. Wien, 1925.

zászló, megteszi a vékony zsinegre fölfüggesztett, szabadon lógó fölfújt hólyag is. Jó a vékony fonálra több helyen ráerősített madártoll is, mely a gyenge szellőt is jól mutatja. Ha magas rúd végére kötjük és szabad helyen letűzzük, kész a szélirány-jelző. Kémények füstje se utolsó szélmutató. Csak nem áll mindig használatra-készen. Ha aztán kifogytunk minden csalafintaságból és elfogyott minden műszerünk, vagy a sötétség miatt nem látunk se füstöt, se szélzászlót, nedvesítsük meg az újjunkat és szabad helyen tartsuk fel a levegőbe: akinek nem tapír-bőr a takarója, megérzi, honnan fúj a szél, ha szellő lengedez is: mert azon az oldalon hideget érez az újján. — A felhők a magasabb levegőrétegek szélzászlói. Arra szállnak, amerre a szél viszi őket. Jó útbaigazítást adnak afelől, milyen a magasban a szélirány.

A csapadékmérő nem okvetlenül szükséges eszköz az amatőr számára (városi embernek nagyjában úgyis mindegy, hogy mennyi esőből lesz a sár, csak a gazdát érinti közvetlenül), de, ha nagyon kedve támad csapadékot mérni és nem tellik a bugyellárisból ombrométerre, megtoldja az erszényt egy kis ügyességgel meg fáradsággal és szerkeszt maga egy házihasználatra megfelelőt. Nem kell nagyon akkurátusnak lennie. Egy fedelétől megfosztott (de még szabályos, hengeralakú) kanna vagy még inkább egy hengeralakú mázas pléh-fazék is jó erre a célra. Teljesen szabadon, hogy minden oldalról beleeshessék az eső, függőlegesen felállítjuk, egy méter magasan. Mérő-hengerért se kell mindjárt a boltba szaladni. Egy nem nagyon nagy átmérőjű hengeralakú üvegedény is megteszi. Az esőt felfogó edénybe pl. annyi vizet töltünk, hogy 100 mm magas réteg legyen benne. Ezt a vizet áttöltjük a mérőhengerünkbe és meg-

jelöljük a víz magasságát; aztán az aljától a jelig 100 egyenlő részre osztjuk: kész a mérőhenger. A jeleket belekarcoljuk az üvegbe. (Háromszög-ráspoly jó erre a célra.) Aki nem riad vissza egy kis számítástól, az könnyebben jut pontosabb mérőpoharhoz: Ha az esőmérő-edény átmérőjét elosztjuk a mérőhenger átmérőjével, aztán az így nyert számot önmagával megszorozzuk, megkapjuk, hogy 1 mm esőnek az esőmérőhengerünk oldalán hány milliméternyi távolság felel meg. Például, ha az esőmérő edény átmérője 40 cm, a mérőhengeré 10, e kettő hányadosa 4, önmagával szorozva 16, tehát az esőmérő-hengerünk osztályzatának két szomszédos vonala 16 mm-re lesz egymástól, ami jó nagy távolság és pontos mérést tesz lehetővé. A Meteorológiai Intézet ugyan alig fogadná el ennek az esőmérőnek adatait észlelési anyagnak, de — különösen, ha az amatőr nem várja meg, míg fazekából az eső újra elpárolog — elég jó tájékozást nyujt a leesett csapadék mennyiségéről. Az amatőr ügyességén múlik, hogy «műszer»-ét pontosabbá és használhatóbbá tegye.

Könnyen belátható, hogy észleléseink értékesítés nélkül kallódnak el, ha föl nem jegyezzük őket. A följegyzés áttekintést is, ellenőrzést is nyujt. Megóv bennünket szubjektív érzéseink hibáitól. (Háromnapos hideg után, mely épen rosszkor jött számunkra, nem fogjuk megállapítani, hogy az idén kutya kemény tél volt.) Ajánlatos kis jegyzőkönyvet tartani, melyben napi leolvasásaink és egyéb meteorológiai észrevételeink megörökíthetők. Ez úton eljuthatunk bizonyos idő mulva helységünk éghajlatának megismerésére, sőt időjárásunk törvényszerűségeibe is betekintést nyerünk. — Sokkal áttekinthetőbbé válnak észleléseink, ha grafikus-

módszerrel ábrázoljuk őket. Erre a célra az ú. n. milliméter-papír a legalkalmasabb. Kivágunk belőle pl. 100 milliméter (10 cm) széles szalagot. A közepén egy vízszintes vonallal kétfelé választjuk. Ez az alapvonal. Ezen végig jobbra menve megjelöljük a napokat és az észlelési órákat. A légnyomás ábrázolásánál az alapvonal a 760 mm-es légnyomást jelenti. Ahány mm-rel 760 fölött van a légnyomás, annyi mm-t megyünk a kijelölt órában fölfelé és e távolság végét ponttal jelöljük meg. Ha a légnyomás 760 mm-nél alacsonyabb, lefelé mérjük. Ha az egyes észlelési óráknak megfelelő pontokat egymásután összekötjük, a légnyomás változását feltüntető grafikont vagy diagrammot kapjuk. A hőmérséklet változását hasonlóképen szemléltetjük: most 1 mm 1 Celsius fokot jelent, az alapvonal a 0 fok, fölötte a meleg, alatta a hideg fokok. Ha más színű ceruzával rajzoljuk, ugyanarra a papírra kerülhet, mint a légnyomás. Még a szélirány ábrázolására is jó ez a módszer: Az alapvonal jelenti a szélcsendet, 1 mm S, 2 mm SSW, 3 mm SW, 4 mm WSW, 5 mm W, 6 mm WNW, 7 mm NW, 8 mm NNW, 9 mm N stb. irányú szelet jelent. Itt az alapvonal alatti részt nem használjuk. A szélerősség ábrázolásánál az alapvonal megint szélcsendet jelent és minden szélerősség-foknak[1] 1 mm felel meg fölfelé. Hasonló módon szemléltetjük a borultság nagyságát 10 fokkal. A levegő nedvessége ábrázolásánál nem az alapvonalból indulunk ki, hanem a lap aljából. Tehát az alapvonalon esik az 50% nedvesség. Minden mm egy % nedvességnek felel meg. Ha nagyon csapadékos vidéken lakunk, a csapadékábrázolást is lehet a lap alján kezdeni.

[1] L. 36. o.

(100 mm-es csapadék ritkán fordul elő.) Ismételjük, hogy a különböző időjárási elemek változásának ilyen ábrázolásához külön papír se kell. Egy papírra elfér valamennyi, csak más-más színű vonallal kell rajzolni mindegyiket.

A legtöbb amatőr-meteorológust — különösen, ha anyagi érdek is fűzi az időjáráshoz — mégis csak az a kérdés érdekli legjobban, milyen idő lesz. Láttuk, hogy e kérdésre nem könnyű és nem biztos a felelet. Csupán egy helyen végzett észlelésekből nem lehet időt jósolni vagy csak jelentősen kisebb beválási valószínűséggel, mint a szinoptikus meteorológia módszereivel. Az amatőr is jól teszi tehát, ha a napi időjárási térképet járatja. Enélkül nehezen érti meg az idő változásait, ezzel biztosabb alapot kap lakóhelye időjárása előre való megállapításához. Talán eljön az idő, amikor az ujságok is közlik a napi jelentést. A prognózisok nagyobb postahivatalokban mindig megtalálhatók. A Rádió Hírmondó is idejében közli a napi jelentést a prognózissal együtt. (És ma már a budapesti adó a legtöbb helyen olcsó kristályos vevővel fogható.) Tehát a napi jelentések eléggé hozzáférhetők, ha a térképes jelentés az expedició tökéletlensége miatt későn érkezik is egyes helyekre. Az amatőrség csúcsa az lenne, ha valaki maga fogná föl rádióján az időjárási jelentéseket és állítana föl prognózist. Ha egy táblára Európa térképét a meteorológiai állomásokkal megfesteti, állandóan használható «térkép-ürlap» áll rendelkezésére.

Ha idejében kapja is valaki kézhez az időjárási térképes jelentést vagy a prognózist, akad még tennivalója. A prognózis a bekövetkezendő idő általános jellegét adja meg. Az amatőr feladata, hogy ezeket a

prognózisokat saját lakóhelyére alkalmazza, szabatosabban és részletesebben megfogalmazza. Különösen fontos a szerepe és aránylag könnyű meg biztos a dolga, ha a prognózis éjjeli fagy veszedelmét jelzi. — Ha nincs időjárási térképe, se hivatalos prognózisa, kellő tudással felfegyverkezve, akkor is több-kevesebb sikerrel következtethet. Minél szélesebb körre támaszkodik időjóslásában, annál nagyobb a találat eshetősége. Az időváltozás nem következik ugrásszerűen, jelek előzik meg. Jelek a műszereken, a légkörben és a környezetünkben. Ha csak pár órával előre tudjuk is megállapítani, milyen idő lesz, sokat nyertünk.

Az időjárás törvényeinek tárgyalásában, meg az általános meteorológia fejtegetése közben több olyan ismeretet szereztünk, amelyet itt alkalmazhatunk. Néhány fontos szabályt foglalunk össze a következőkben: A barométer adatait nagy óvatossággal használjuk. Csupán a légnyomás mértékéből vagy változásából csak nagyon általános és bizonytalan következtetések vonhatók. Ha a barométer magasan áll, akkor vagy egy maximum közepén vagy igen erős anticiklon szélén, vagyunk esetleg magasnyomású hátság vagy nyúlvány van fölöttünk. Emelkedhetik a légnyomás, mert maximum közeledik, mert magasnyomású hátság vagy nyúlvány jön felénk vagy mert ciklon távolodik vagy elsekélyesedik, avagy közeledik ugyan, de egyúttal ki is töltődik. Ezekkel a helyzetekkel pedig nagyon különböző idő járhat együtt. — A légnyomás alacsony lehet, ha ciklon van fölöttünk vagy igen erős depresszionak vagy depresszió-nyúlványnak szélén vagyunk. A légnyomás esése jelentheti ciklonnak vagy mellékdepressziónak közeledtét, egy mélynyomású csatorna felénk húzódását, az időjárásunkat

alakító ciklon elmélyülését vagy pedig a szomszédos magasnyomás távolodását vagy ellaposodását. Ezek ismét más és más időt jelenthetnek. Hogy melyik esettel van dolgunk, azt a térkép mutathatja meg. Ha a barométer lassan és egyenletesen emelkedik, anticiklon közeledik, mely rendesen tartós jóidőt jelent. Az anticiklonos derült, száraz idő jelei a következők is: Napkelte után Ci-ok vannak az égen (az éjjeli kisugárzás hozta őket létre), de a kora délelőtti órákban eloszlanak. Magányosan, nem összefüggően úszkáló Ci-ok láthatók az égbolton. A halomfelhők (Cu-ok) délelőtt szaporodnak, estére eloszlanak. Éjjel szélcsend van, napkelte után a szél délig erősödik és iránya követi a napot, estére elül. A nappalok melegek, az éjtszakák hűvösek, a helyi (parti-, hegyi-) szelek jól kifejlődnek. Napnyugta után ködök terjengenek a laposok alján, vizenyős helyeken, és a fák csúcsa kilátszik belőlük, reggel a köd szétfoszlik. A derült idő kedvez a kisebb hőmérsékleti inverzióknak a dombtetőn vagy hegyoldalon este melegebb van, mint a völgyben. Az erdő belseje is melegebb maximum idején éjjel, mint a mező. Az ég nyugodt. A napkelte és napnyugta különösebb fénytünemények nélkül történik. A csillagok pislogás nélkül fénylenek.

A következő jelek esőre mutatnak: Az égen fátyolfelhők jelennek meg, melyek mintha egy pontból sugároznának ki, lassankint fátyol-lepellel vonják be az eget és sztrátuszok követik őket. Minél gyorsabb a Ci-ok vonulása, annál biztosabb, hogy rövid időn belül esik. S, SW, W, NW azok az irányok, ahonnan az időváltozást jelentő Ci-ok jönni szoktak. Irányuk eltér az alsó felhők vonulásának irányától. — A napnak vagy holdnak udvara van. — A szél délkeletire, esetleg délen át dél-

nyugativá válik. — Távoli hegyek tisztán látszanak, messze hallszik a harangszó, meg a vonat zakatolása, erősen bűzlik a pöcegödör. Különösen figyelemmel kell kísérni a levegő átlátszóságát. A látási távolság feltűnő megnövekedése jó előre jelzi az idő változását. — A légnyomás sülyed, a hőmérséklet és nedvesség emelkedik. — Napnyugtakor vagy napkeltekor a levegőben levő vízcseppeken a napsugarak láthatókká válnak és küllőszerűen szétágaznak. — A kövezet megfoltosodik, beszorul a hordók akonája, lecsap a füst és nedves higroszlópos lesz a só. — Hangyák nyüzsögnek az utakon, csiga mászkál a fűben, a békák délelőtt is koncerteznek. — A vadgesztenye levele lelankad, a gyermekláncfű buzogánya összecsukódik, a lóhere három levelét összezárja.

Ha az alsó felhők más irányban futnak, mint a felsők, a ciklon első oldalára jutottunk. Amikor aztán eső után foszladoznak a felhők, de fölöttük újra cirruszok láthatók, nem lesz tartós a derülés. Új ciklon közeleg. Tovább tart az eső, ha nehéz felhők vannak eső után az égen és nem gyorsan futó fraktosztrátuszok. Néha az esőt igérő felhők úgy lógnak, mint a zsákok: egyelőre nem fog esni.

Azt tartja a megfigyelésből vont közhiedelem, hogy sem a nagyszemű eső, sem a hajnali eső nem tartós; az első, mert nagy magasságból esett, ahol nagyobb mennyiségű esőcsepp nincsen, a második, mert a felkelő nap melege valószínűleg elpárologtatja a felhőzetet.

Ha gyenge szél fúj, a levegő fülledt-meleg, a légnyomás csökken, hőmérséklet és nedvesség növekszik; a Cu-felhők hatalmas tornyos képződményekké halmozódnak és a fejük fölött cirrusz-sátor látható, zivatar

készül. Éjjeli zivatar fenyeget, ha a Cu-ok este nem oszlanak el. Ha napnyugta után a hőmérséklet nem csökken, éjjel a hőmérséklet csak keveset vagy semmit nem csökken, napkeltekor már meleg van vagy a hőmérséklet gyorsabban emelkedik napkelte után a szokottnál, napközben tör ki a zivatar.

Viharos szelet várhatunk, ha a légnyomás csökken és a felső felhők nagyon gyorsan járnak, Ci-ok és hullámfelhők takarják az eget. Ha este a szél erősödik és a csillagok pislognak, szintén vihar várható.

Ezek a legfontosabb időjóslási szabályok. Ki-ki gyüjthet hozzá többet. El kell ismernünk, hogy sok ebben az időjóslásban a bizonytalan. Itt főként áll, hogy gyakorlat teszi a mestert.

Sokkal eredményesebben járhat el az amatőr az éjjeli fagyok prognózisában. Tudjuk, hogy az éjjeli fagy kritikus pontja a harmatpont. Ha a harmatpont a 0 fölött van, nem lesz éjjeli fagy. A harmatpont megállapítása e célra napnyugta körül történik. Legpontosabb eredményt az Auguszt-féle psychrometerrel kapunk, azonban nagyon egyszerű eszközökkel is célhoz jutunk. Vékonyfalú üvegpohárba $^3/_4$ részig vizet töltünk (szabadban!), a vízbe jégdarabokat teszünk vagy sót oldunk föl és a vizet hőmérővel kavarjuk. A víz lehűl és egyszerre elhomályosodik a pohár oldala, harmat csapódik rá. E pillanatban leolvassuk a hőmérőt. A nyert hőfok a harmatpont. A mérés pontossága kedvéért azt is megvárjuk, mikor a pára megint épen eltűnik, amikor újra leolvassuk a hőmérőt. A két adatnak egyeznie kellene. Eltérésük az észlelés hibája. A két hőfok összegének felét vesszük harmatpontnak. (Ha nagy a különbség, megismételjük a mérést.)

A koratavaszi éjjeli fagyok ellen legalább is az értékesebb növényzetet megvédhetjük. A nagyon kényes növényeket ujságpapirossal beteregetjük, vagy föléjük sátort (papírból, gyékényből stb.) húzunk. Ezzel a kisugárzást akadályozzuk. Nedves anyagokat égetünk (pl. nedves szalmát, rongyot stb.), amelyek nem lánggal égnek, hanem sok nedves füstöt fejlesztenek. Ezzel egyrészt a levegőt melegítjük, másrészt a levegő páratartalmát növeljük, tehát a harmatpontot emeljük. Néha a melegítést melegvízzel való öntözéssel is fokozzák. A hideg levegőt lejtősen futó árkokkal elvezetjük. A lejtő alján erős tüzet rakunk, mire a levegő fölfelé száll és helyébe lefolyik a hideg levegő. A hideg levegő lefolyását nem szabad az ilyen oldalra épített kerítéssel megakadályozni. Ez a védekezési mód kellő körültekintéssel végezve megóvja a növényeket az elfagyástól. Ha a lehülést nem az éjjeli kisugárzás, hanem a hideg levegőtömegek betörése okozza, ez az eljárás nem használ.[1]

Az itt elmondottakkal nem zárult le az amatőr-meteorológus munka-területe. Sok szép és hasznos dolgot végezhet még, amelyekkel a tudomány építőköveit is gyarapíthatja. Néhány ilyen «munka-alkalmat» említünk meg búcsúzóul. Kellően felkészült amatőr összehasonlíthatja a hivatalos prognózisokat lakóhelyén bekövetkezett időjárásváltozásokkal és értékes tanulmányt végezhet. Aki ért a fotografáláshoz, alkalomadtán gyarapíthatná a sikerült villámfotografiák sorát. A felhők fényképezése se utolsó feladat lenne. Lerajzolhatja a jégszemeket, dér-, köd-, harmatfényképeket készíthet,

[1] A fagy elleni védekezés igen részletes leírását l. Réthly, Időjárás és éghajlat, 82—90. o.

zivatar- és viharkárokat megörökíthet (villámcsapás, jégverés, felhőszakadás, tornádó stb.) Rádióján zivatarmegfigyeléseket végezhetne és zivatarmegfigyeléseket gyüjthetne. Az se lenne haszontalan foglalkozás, ha sok helyen feljegyeznék évről-évre a növények fejlődési stádiumának dátumait (rügyfakadás, virágzás, gyümölcsérés, lombhullás). Érdekes és értékes passzió a népies időjóslási szabályok gyüjtése vagy a meglevőknek az észlelések eredményeivel való rendszeres összehasonlítása. Az éghajlat tudományának fejlődését segíti elő, aki a régi időkből megmaradt és sok helyütt mellékesen feljegyzett időjárási emlékeket összegyüjti és a források megemlítésével följegyzi. Különleges időjárási tünemények megfigyelése és bejelentése egészítheti ki — de nem zárja le — az amatőr tevékenységének területét.

Ilyen amatőr-gárdából könnyű lenne új állomások létesítésekor állomásvezetőt is választani. Tudása, gyakorlata, lelkesedése biztosíték lenne, hogy az új állomás a tudomány értékes őrhelyévé válik.

Felhasznált irodalom.

A «Mi a meteorológia?» című fejezetben már csillaggal megjelölt munkákon kívül az alant felsoroltak szolgáltak a könyv megírásában segítségül:

«Az Időjárás», meteor. folyóirat évfolyamai.
«Természettud. Közlöny» és «Pótfüzetek».
Révai és Pallas lexikonok különböző kötetei.
Alföldy: A meteorológiai műszerek és elemek. Budapest, 1899.
Berényi: Tudományos időjóslás. Debreceni Szemle, 1927. 94. o.
Bozóky: Meteorológia. Pozsony-Budapest, 1901.
Heller: Az időjárás. Budapest, 1888.
Hellmann: Wetterkunde.[2] Berlin, 1920.
Kistner: Geschichte der Physik.[2] I—II. Berlin-Leipzig. 1919. Samml. Göschen.
Müller-Pouillet: Lehrb. der Physik u. Meteorologie.[10] Braunschweig, 1914.
Öveges: Időjóslás és időhatározás. Tata, 1924.
Pauler: Aristoteles. Budapest, 1922.
Réthly: Körültekintés a meteorológiában. Zsebatlasz és magyar földrajzi évkönyv, 1924. 118. o.
Schmauss: Wetterkunde u. Landwirtschaft. Berlin, 1925.
Wenger: Die Vorherbestimmung des Wetters. Leipzig, 1919.

A Szent István Könyvek sorozatában eddig megjelentek:

1. *Zubriczky Aladár dr.:* Jézus élete és a vallástörténet. (Elfogyott.)
2. *Wolkenberg Alajos dr.:* A teozófia és antropozófia ismertetése és bírálata.

3—4. *Wolkenberg Alajos dr.:* Az okkultizmus és spiritizmus multja és jelene. (Elfogyott.)

5—6. *Balanyi György dr.:* A szerzetesség története.

7—8. *Alszeghy Zsolt dr.:* A XIX. század magyar irodalma.

9. *Miskolczy István dr.:* Magyarország az Anjouk korában.
10. *Palau-Timkó Jordán:* Krisztus útján. A katholikus tevékenység főelvei.
11. *Quadrupani-Babura László dr.:* Útmutatás jámbor lelkek számára.
12. *Prohászka Ottokár:* Elbeszélések és utirajzok. (Elfogyott.)
13. *Trikál József dr.:* Természetbölcselet.
14. *Bognár Cecil dr.:* Értékelmélet.
15. *Prohászka Ottokár:* A bűnbocsánat szentsége.
16. *Babura László dr.:* Szent Ágoston élete.
17. *Lepold Antal dr.:* Szalézi szent Ferenc válogatott levelei. (Elfogyott.)
18. *Áldásy Antal dr.:* A kereszteshadjáratok története.
19. *Marosi Arnold dr.:* Átöröklés és nemzetvédelem.
20. *Zoltvány Irén dr.:* Erotika és irodalom. (Elfogyott.)
21. *Horváth Sándor dr.:* Aquinói szent Tamás világnézete.
22. *Balogh Albin dr.:* Művelődés Magyarország földjén a magyar honfoglalás előtt.
23. *Marczell Mihály dr.:* A katholikus nevelés szelleme.

24—25. *Motz Atanáz dr.:* A német irodalom története.

26. *Babura László dr.:* Szent Ambrus élete.
27. *Márki Sándor dr.:* II. Rákóczi Ferenc élete.
28. *Kiss Albin dr.:* A magyar társadalomtan története.
29. *Szabó Zoltán dr.:* A növények életmódja.
30. *Weszelszky Gyula dr.:* A rádium és az atomelmélet.
31. *Balanyi György:* Assisi szent Ferenc élete.
32. *Dávid Antal:* Bábel és Assúr. I. Történet.
33. *Fejér Adorján:* Római régiségek.
34. *Balogh József:* Szent Ágoston, a levélíró.
35. *Babura László dr.:* Szent Jeromos élete.
36. *Karácsonyi János dr.:* Szent László király élete.
37. *Miskolczy István dr.:* A középkori kereskedelem története.
38. *Szémán István dr.:* Az újabb orosz irodalom.
39. *Bán Aladár:* A finn nemzeti irodalom története.
40. *Trikál József dr.:* A gondolkodás művészete.
41. *Kühár Flóris dr.:* Bevezetés a vallás lélektanába.
42. *Babura László dr.:* Nagy szent Gergely élete.

43—44. *Kühár Flóris dr.:* A keresztény bölcselet története.

45. *Weszely Ödön dr.:* Korszerű nevelési problémák.
46. *Somogyi Antal dr.:* Vallás és modern művészet.
47. *Divald Kornél:* Magyar művészettörténet.

48—49. *Birkás Géza dr.:* A francia irodalom története.

50. *Wodetzky József dr.:* A világegyetem szerkezete.
51. *Záborszky István dr.:* Rabindranath Tagore világnézete.

52—53. *G. Kurth-Michel K.:* A modern civilizáció kezdetei.

54—55. *Dávid Antal:* Bábel és Assúr. II. Művelődés.

56. *Horváth Jenő dr.:* A modern Amerika története.
57. *Balogh Albin dr.:* Ország és nyelv.
58. *Meszlényi Antal dr.:* A katholikus egyház és az állam 1848/49-ben.

59—60. *Radó Polikárp dr.:* A kereszténység szent könyvei. I. Ószövetség.

61. *Kecskés Pál dr.:* A házasság etikája.
62. *Huszár Elemér:* A katholikus házasságjog rendszere.
63. *Petró József dr.:* Az ősegyház élete.

64—65. *Radó Polikárp dr.:* A kereszténység szent könyvei. II. Újszövetség.

66—67. *Trikál József dr.:* A jelenségekből a valóságba.

68. *Erdey Ferenc dr.:* Kant valláserkölcsi világnézete.

69—71. *Hartmann Grisar:* Luther Márton élete. (Fordította Hoitsy Lajos Pál.)

72. *Tóth Ágoston:* Bevezetés a meteorológiába.

73—74. *Bánhegyi Jób dr.:* A magyar irodalom története.

75—76. *Divald Kornél:* A magyar iparművészet története.

77. *Balanyi György:* A római kérdés.