

## ADALÉKOK A BARLANGI LÉGÁRAMLÁS TANULMÁNYOZÁSÁHOZ

A barlangokban végzett rendszeres meteorológiai megfigyelések az elmúlt két évtizedben többé-kevésbé tisztázták a föld alatti természetes üregrendszerek mikroklimájának legfőbb törvényszerűségeit. Amint szaporodtak a műszeres mérési adatsorok, úgy ismertük meg egyre aprólékosabban a barlangi légtömeg fizikai tulajdonságait, összetevőit és mindezek változásainak, mozgásainak tendenciáit.

A speleometeorológiai kutatások egyik érdekes, még ma is sok problémát felvető területe a barlangi légáramlás (közismert nevén: a barlangi huzat) tanulmányozása. Ismereteink bővülése ezen komplikált mikroklimatikus tényezővel kapcsolatban is ugrásszerű. Elegendő talán utalnom arra, hogy pl. a Béke-barlang felfedezői még tanácstalanul keresték az okokat: milyen hatások idézik elő a barlang bejáratánál tapasztalt erős légáramlást, amely időnként befelé, máskor pedig a szabadba irányul (4).

### Elméleti megállapítások

Ma már világos előttünk, hogy a barlangi légáramlást igen sokféle körülmény válthatja ki. Ezeket az okokat két fő csoportba sorolhatjuk:

1. dinamikus és
2. statikus okok.

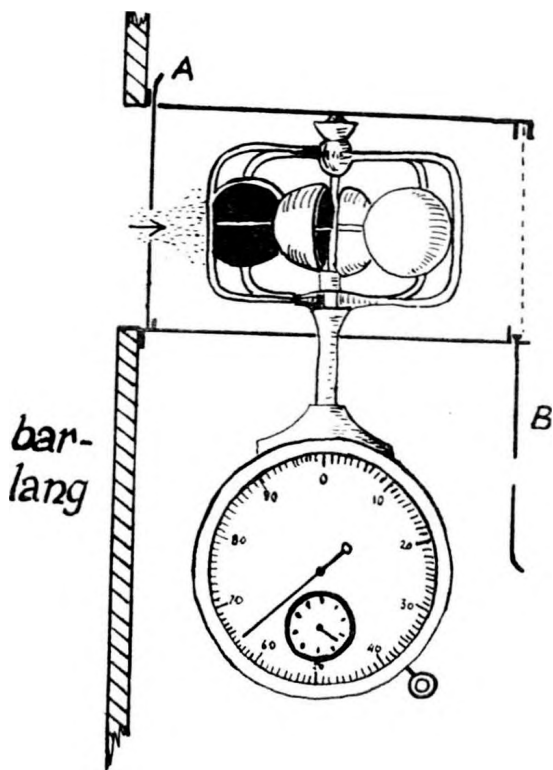
A barlangi légáramlás *dinamikus* okai közül leggyakoribb a felszíni szél behatolása a barlangba. Rendszerint széljárásnak kitett, sziklafalakban nyíló, kisebb üregeknél jelentős, különösen ha azok a rövid, nagy szádjú, ún. átmenő barlangok típusába tartoznak, tehát a barlang mindkét vége nyitott, felszakadt. A hegy-völgyi szél váltakozásainak is szerepe lehet egy-egy sajátos fekvésű barlang belső légáramlásának alakulásában. De nemcsak a külső mozgó légtömegek befolyásolhatják a barlangok légterének áramlásviszonyait, hanem szerényebb mértékben és helyhez kötötten a barlangba zúduló víztömegek, a föld alatti vizesések is. Sőt elvértve anthropogén eredetű dinamikus okok is kelthetnek lokális légmozgást, így pl. az idegenforgalmi barlangokat látogató turisták csoportjai, egyes barlangokban közlekedő autók és vonatok, barlangokba telepített üzemek stb.

A nagy karsztos barlangrendszerek bejáraitánál észlelt huzatjelenségek alapvetően nem dinamikus, hanem *statikus* okokra vezethetők vissza. Különösen áll ez a hazai patakos barlangrendszereinkre, amelyek nagyrésze többé-kevésbé zárt föld alatti üregkomplexumot képez. A barlangi levegő mikroklimatikus elemei (hőmérséklet, légnyomás és nedvességtartalom) és elegyösszetevői lényeges eltéréseket mutatnak a felszíni levegőfajtákkal szemben. Az eltérések elsősorban a barlangi és a felszíni levegő *sűrűségében* jelentkeznek, amelyek kiegyenlítődésre

irányuló *áramlásfolyamatot idéznek elő*. A kétféle légtér közötti egyensúly azonban csak igen rövid időre jöhet létre, mivel a felszíni légtömeg állapot-határozói szinte percről percre, óráról órára változnak, ami a barlangi levegő viszonylag stabil sűrűségével szemben permanens eltérést hoz létre.

1. ábra. A Szabadság-barlang vázlatos alaprajza és bejáratának szelvénye





2. ábra. A barlangi levegő ki-beáramlásának mérésre szolgáló egyszerű szerkezet kézi kanalas anemométer beépítésével a barlang bejárati ajtaján

Az elmúlt években a gáznemű anyagok dinamizmusára vonatkozó törvények alkalmazásával több kutató elméletileg kidolgozta a statikus légállapotokon nyugvó barlangi légáramlás keletkezésének matematikai összefüggéseit (3., 7. stb.). A szerzők utalnak arra, hogy aerodinamikai számításaik, matematikai levezetések csak „ideális” feltételek mellett érvényesek. Ez alatt értendő többek között, hogy a barlangi légtér és a felszín levegőjének kicserélődése csak ismert számú és méretű légcatornák (barlangnyílásokon) át történik, a barlangot magában foglaló köztér homogén, egyenletes vastagságú, hézagmentes, levegőt át nem eresztő stb. Ilyen ideális feltételek esetén a felszíni és a barlangi levegő állapotváltozásainak ismeretében a kialakuló légáramlás kvantitatív értékei valóban kiszámíthatók. Csakhogy a természetben ilyen ideális állapot ismeretlen.

A barlangi légáramlás és a felszíni légtömeg paramétereivel való összefüggés természetbeni mennyiségi meghatározására 1960 nyarán és telén, majd pedig 1961 tavaszán az égerszögi Szabadság-barlang bejáratánál észlelést végeztünk. A barlangot 1954-ben víznyelő kibontásával mesterségesen tartuk fel és jelenleg egyetlen kiépített, vasajtóval lezárt bejárata van. A barlang 2,5 km hosszúságú, egy

föld alatti patak által létrehozott, szeszélyesen kanyargó folyósórendszer néhány nagyobb teremmel. Légtöbbsége kb. 25 000 m<sup>3</sup> (1. ábra).

### Az észlelések technikája

A barlangi légáramlás-mérések idejére a Szabadság-barlang dász-töböri mesterséges bejárati tárojának ajtaját leszigeteltük, és az észlelések céljaira 160 cm magasságban ablakot vágtunk rajta. A nyílásba mintegy 15 cm hosszú, fémből készült „szélcsatornát” építettünk be, amelyet mindkét végén nyitni és zárni lehetett. Ennek a csatornának a közepébe csúsztattuk be és rögzítettük a mérésekhez használt, a drezdai Georg Rosenmüller cég által gyártott kézi anemométer kanalas részét (2. ábra). A műszer óraszerkezete a 100 mp alatti átlagos szélereősséget adja meg m/sec.-ban. A szélcsatorna alkalmazásával a külső szél zavaró hatását kiküszöböltük. A kísérleti méréseknél azonban kiderült, hogy a műszer nem elég érzékeny a barlangi légáramlás olykor igen alacsony értékeinek mérésére, ezért a szélcsatorna keresztmetszetét leszűkítettük oly módon, hogy annak két végét lezáró lemezen egy-egy 12 mm átmérőjű lyukat nyitottunk. A lyukak helyét úgy határoztuk meg, hogy a rajtuk átáramló levegő a csatorna közepét érje. Barlangból kifelé történő áramlás esetén a szélcsatorna ajtó felé cső zsilipkapuján (2. ábra „A”) ez a 103 mm<sup>2</sup> felületű lyuk volt nyitva, míg a másik oldalon („B”) a teljes szelvény nyitott volt. Amikor a huzat befelé irányult, a B oldalt szűkítettük le és az A részt nyitottuk fel.

Az egyszerű berendezés a légáramlás tömegének kvantitatív mérésére nem volt alkalmas, hiszen a csatorna mellett sok levegő „megszökött”, a zsilipkapu pedig a kiáramló levegő útjában eleve akadályt jelentett. Viszont az ugyanezen módon télen, nyáron és az átmeneti évszakban végrehajtott mérési sorozatok jó viszonylagos összehasonlításokra adtak lehetőséget, s a méréseknek ez volt a tulajdonképpeni céljuk.

Az időjárási elemek mérésére részben öniró műszereket használtunk, részben közvetlenül olvastuk le az értékeket. Mértük a felszíni hőmérsékletet, a légnyomást, a légnedvességet, a szél ereősségét és irányát, a felhőzet és a napsütés alakulását, a csapadékot stb. Az észlelések éjjel-nappal minden páratlan órában történtek. A légáramlásértékeket esetenként hatszor 100 mp-es megfigyelések adataiból számítottuk ki.

### A vizsgálat sorozatok ismertetése

#### 1. Nyári észlelések

Az első észleléssorozatára 1960. augusztus 20-án 12 órától 26-án 12 óráig terjedő időszakban került sor. A vizsgálatokat végezték: Balázs D., Frecska J. és Garamszegi P. A 144 órás megfigyelési periódusban az általános időjárási helyzet a következő volt:

A Kárpát-medencét 1960. aug. 19-én óceáni eredetű hűvös légtömegek árasztották el és Égerszög vidékén is zivatarokat okoztak. A zivatarfront átvonulása után változóan felhős, napos, csendes időjárás jellemezte az első megfigyelési napokat. A hőmérséklet 3–5 fokkal alacsonyabb volt a sok évi átlagnál, csak az utolsó napokon közelítette meg az évszaknak megfelelő középértékeket. Az erős éjszakai lehülések is mérséklődtek a vizsgálati időszak második felében a növekvő felhőzet következtében. Eső a vizsgálati időszakban a barlang feletti területre nem hullott, bár helyi zivatarok a közelben 23-án és 24-én is előfordultak. Az időjárási elemek alakulásának grafikus ábrázolását a 4. ábrán szemléltem.

A megfigyelések az *első három vizsgálati napon* azt mutatták, hogy a barlangi légáramlás szabályosan ismétlődő napi járást végez. Éjfél körül, illetve az éjjel utáni órákban a barlangi levegő kifelé áramlása a minimálisra csökkent, sőt olykor néhány órán át befelé irányuló légáramlás is előfordult. A reggeli órákban a kiáramlás ismét intenzívebbé vált és maximumát a koradélutáni órákban érte el (4. ábra).

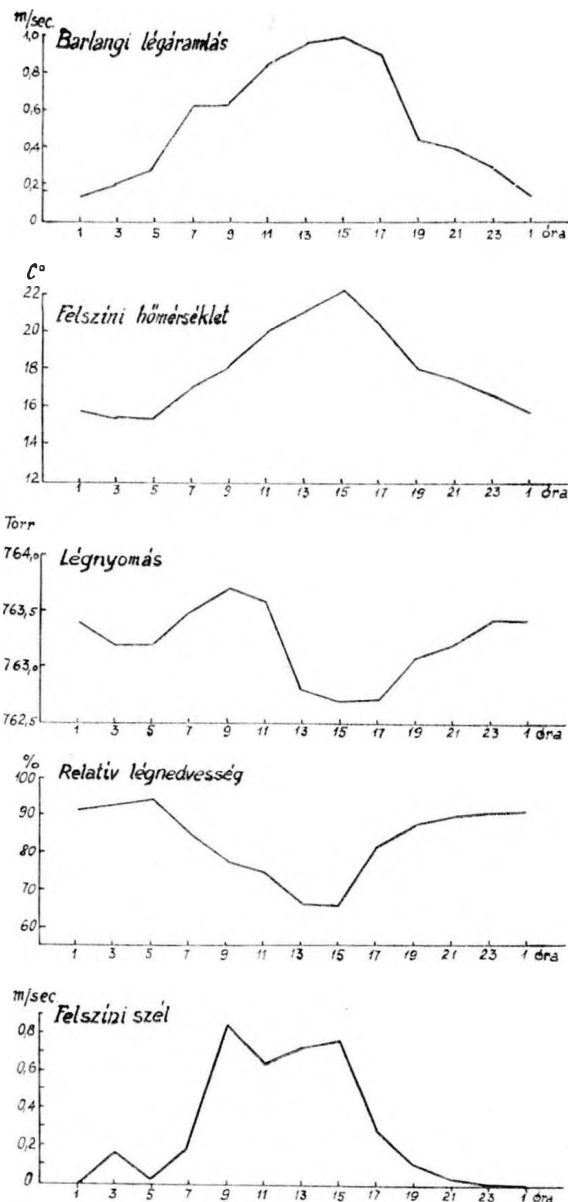
A vizsgálati időszak *második felében* a barlangi huzat alakulása nem mutatott ilyen szabályosságot. Bár a kiáramlási csúcsok ezúttal is a kora délutánra estek, de pl. 24-én 15 órakor váratlanul 0,12 m/sec.-ra zuhant vissza. (Ez időben éppen zivatar vonult el a közelben.) A barlangi légáramlás normális menetét időnként megmagyarázhatatlan „huzatlökések” zavarták meg.

Ha csak felületesen is megnézzük a 4. ábrán a barlangi légáramlás grafikonját, nyomban szembeötlik, hogy az a *hőmérsékleti* görbékkel mutat szoros összefüggést. Ez a termodinamikusság hatása oly erős, hogy teljesen elnyomja a légnyomás napi két hullámból álló periodikus változásait, csupán az aperiodikus hullámok torzítják el a barlangi légáramlás hőmérséklettől függő szabályos napi járását. De ezen légnyomásváltozások kihatása sem egyértelmű, csupán az aug. 23-ról 24-re bekövetkezett 5,1 Torr légnyomássüllyedés hatása figyelhető meg tisztán: a külső légnyomás csökkenése miatt éjjel — a külső hőmérséklet lehülése ellenére — a barlangi levegő élénk kiáramlását regisztráltuk.

A mérési időszak második felében jelentkező anomáliák ellenére a *légáramlás intenzitásának napi járása* szabályos ciklust mutat, amint azt a 3. ábrán a hatnapos adatsorozat átlagolása alapján megfigyelhetjük.

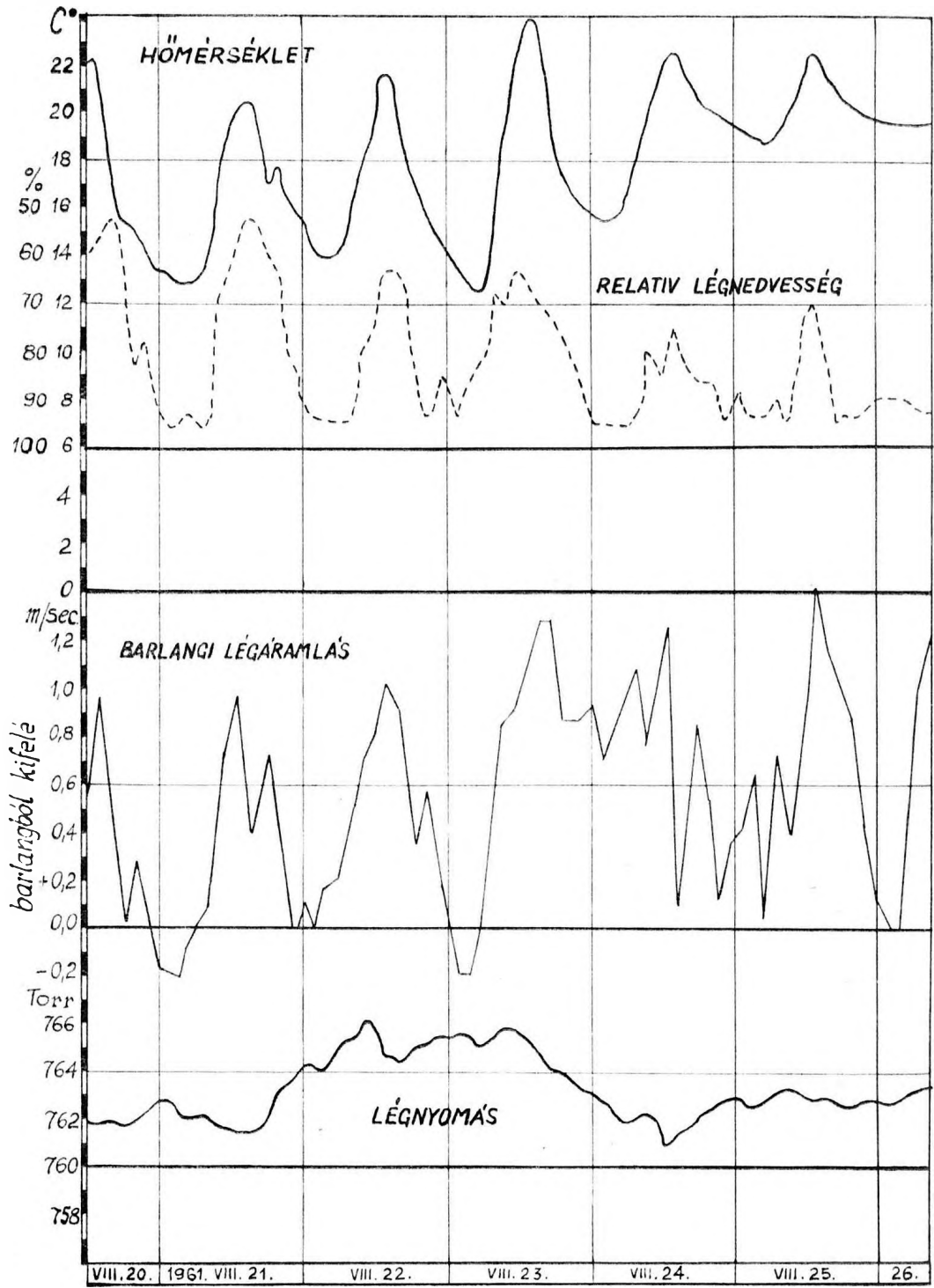
## 2. Téli észlelések

A nyáron mért adatokkal való összehasonlítás céljából szükségessé vált a téli hideg időszakban is egy észlelési adatsort gyűjteni. Erre 1960. dec. 27-én 9 órától 1961. január 1-én 8 óráig terjedő időszakban került sor. A 119 órás megfigyelést a nyáron használt műszerekkel, ugyanazon módszer szerint a következők végezték: Antal László, Szondi Egon és Szondi Egonné.

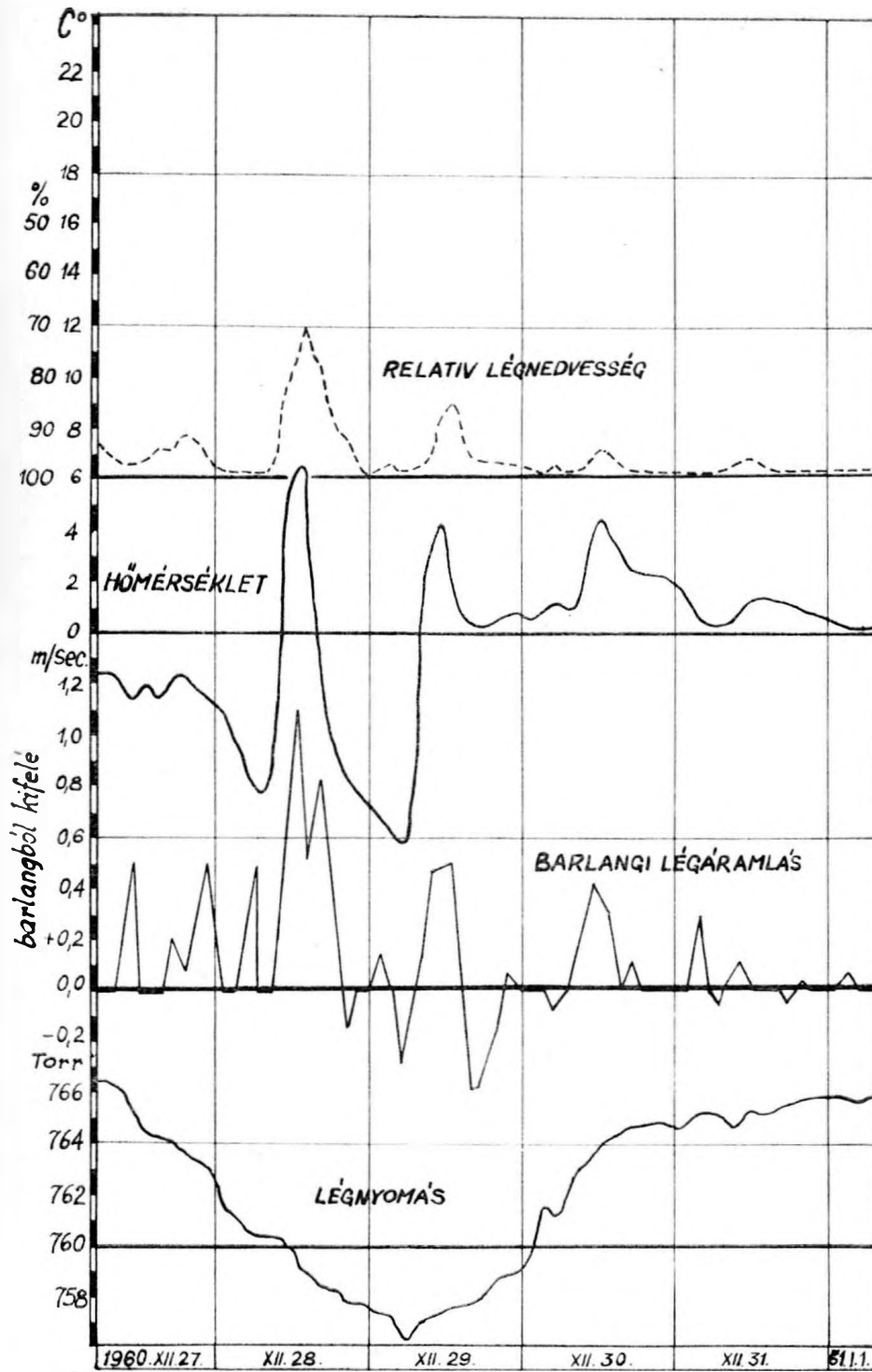


3. ábra. A barlangi légáramlás intenzitása és a felszíni időjárási elemek napi alakulása hat napi átlag alapján nyári időszakban

Az időjárási helyzet a vizsgálatok szempontjából kedvezőtlenül alakult. A középhőmérséklet ugyan a sokévi átlag közelében mozgott, de egy nagy ívű légnyomáshullám a barlangi légáramlásban nehezen követhető anomáliákat okozott (5. ábra). A meg-



4. ábra. A barlangi légáramlás és az időjárási elemek alakulása közötti összefüggés grafikus szemléltetése (nyári mérésorozat)



5. ábra. A barlangi légáramlás és az időjárási elemek alakulása közötti összefüggés grafikus szemléltetése (téli — mérésorozat)

figyelési időszakban többször hullott kisebb csapadék, részben eső, részben hó és ködszitalás formájában. 28-án és 29-én viszonylag derült idő volt, amit az erős be- és kisugárzás is mutat; a többi napokon borultság, köd, párásság uralkodott.

Mivel a külszíni hőmérséklet általában 10 fokkal alacsonyabb volt, mint a barlangi levegőé, arra következtethetnénk, hogy az időszakot a barlang belső irányuló légmozgás jellemezte. Ezzel szemben azt tapasztaltuk, hogy az alacsony külszíni hőmérséklet ellenére a barlangi légáramlás napi járásának tendenciája azonos volt a nyáron tapasztalttal. A 28-án és 29-én éjjel bekövetkezett erős fagyok sem váltottak ki jelentősebb befelé áramlást, ami feltehetően annak tudható be, hogy erre az időszakra esett a légnyomás mintegy 10 Torr-t kitevő zuhanása.

A zavaró körülmények ellenére a grafikusan felvázolt adatsorok jól jelzik a barlangi légáramlás és a különféle időjárási elemek közötti összefüggéseket. A téli és nyári adatokat tartalmazó grafikonokat azért állítottuk egymás mellé, hogy az adatok összehasonlítását ezáltal is megkönnyítsük (4. és 5. ábra).

### 3. Tavaszai észlelések

A barlangi légáramlás összefüggéseinek tanulmányozásához az átmeneti jellegű tavaszai időszakban huzamosabb időn át megfigyeléseket végeztünk. Ebben a munkában Antal László és az időközben elhunyt Mészáros Kálmán vett részt. Az 1961. ápr. 4-től 22-ig terjedő időszak adataiból a 6. ábrán látható, elgondolkodtató grafikont állítottuk össze.

### Következtetések

A három megfigyeléssorozat adattömegének felhasználásával módunkban van, hogy az elméleti számításokat a tapasztalati megfigyelések adataival egybevessük.

A levegő sűrűségét alapvetően annak hőmérséklete, nyomása és vízgőztartalma határozza meg. A légsűrűség nagysága  $\text{kg/m}^3$  értékben ( $k$ ) a következő képlet alapján határozható meg (rövidség kedvéért a levezetést mellőztem):

$$k = \frac{273,13 k_0}{273,13 + t} \cdot \frac{p^* - Mp_w}{760} + Mk_w$$

egyszerűsítve:

$$k = 0,464678 \frac{p^* - Mp_w}{273,13 + t} + Mk_w$$

	5 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	Eltérés
hőmérséklet, C°	14,0	19,1	+ 5,1
légnyomás; Torr	738,5	740,0	+ 1,5
légnedvesség, %	94	77	-17,0

A képletben a

$k_0$  = a standard összetételű levegő sűrűsége ( $1,2929 \text{ kg/m}^3$ ),

$p^*$  = a légnyomás Torr-ban (Hg mm) 0 C°-ra számítva,

$M$  = a relatív légnedvesség (nem %-ban, hanem 0–1 közötti értékben),

$p_w$  = a telített vízgőz parciális nyomása 0 C°-on (Torr),

$k_w$  = a telített vízgőz sűrűsége ( $\text{kg/m}^3$ ),

$t$  = hőmérséklet, C°.

A képlet alapján és az időjárási elemek ismeretében kiszámítható, hogy a barlang környezetében a felszíni levegő milyen sűrűségű, illetve milyen sűrűségi hullámok keletkeznek benne, amelyek a barlangi légtér eltérő sűrűségű levegőjével kiegyenlítésre törekednek. Ezt a meg-megújuló, változó irányú áramlásfolyamatot észleljük a barlangok bejáratainál „huzat” formájában.

Számításokat végeztünk, hogy a barlangi légáramlást kiváltó, a felszíni levegőben lejátszódó *sűrűség-ingadozásokon belül* milyen szerepe van a hőmérséklet, a légnyomás és a légnedvesség változásainak. A terjedelmes táblázatok közlésére nincs módunk, de az összefüggések szemléltetésére elégségesek az alábbi kiemelt adatok:

1 C° hőmérséklet-emelkedés 735 Torr légnyomás és 80%-os légnedvesség mellett, 10–20 C° hőmérsékleti határok közt, átlagosan  $0,00449 \text{ kg/m}^3$  légsűrűség-csökkenést idéz elő,

1 Torr (1 Hg mm) légnyomás emelkedés 10 C° hőmérséklet és 80%-os légnedvesség esetén  $0,00164 \text{ kg/m}^3$  légsűrűség-növekedést vált ki, míg

1% viszonylagos légnedvesség-emelkedés ugyancsak változatlan előbbi feltételek mellett  $0,00057 \text{ kg/m}^3$  légsűrűség-csökkenéssel jár.

A fentiek alapján 1 C° hőmérsékletváltozás oly mérvű légsűrűségváltozást idéz elő (megfelelő előjellel), mint 2,7 Torr légnyomásváltozás vagy a relatív légnedvesség 7,9%-os különbözete. Ha figyelembe vesszük, hogy a hőmérsékleti értékek napi és évi abszolút amplitúdója sokkal nagyobb a légnyomás ingadozásánál, világossá válik, hogy már az elméleti számítások szerint is a barlangi légáramlás létrejöttében a felszíni hőmérsékletváltozásoknak döntő szerepük van.

De vegyünk egy konkrét példát a vizsgálati időszakunkból: 1960. aug. 22-én reggel 5 órától 11 óráig terjedő időszakot.

### Légsűrűségváltozás

–0,0227 $\text{kg/m}^3$
+0,0025 $\text{kg/m}^3$
+0,0097 $\text{kg/m}^3$
–0,0105 $\text{kg/m}^3$

Világosan látható a fenti adatokból, hogy a reggeli és délelőtti órákban észlelt viszonylag kismértékű hőmérsékletnövekedés légsűrűség-csökkentő hatását nem tudta ellensúlyozni a légnyomás és a légnedvesség ellentétes irányú mozgása. Elméletileg tehát a felszíni levegő ritkulása következett be elsősorban hőmérsékleti hatásra, aminek az a következménye, hogy a barlangból levegő áramlik ki a szabadba. Ezt az elméleti feltételezést alátámasztják a 4. ábra megfelelő részletének grafikus adatai, melyek kiáramló barlangi „huzatról” tanúskodnak.

Az elméleti számítások és a tapasztalati adatok között azonban az egyezés nem mindig ilyen egyértelmű, sőt sokszor ellentétes. Ezek az anomáliák sok tényező sajátos összjátékából és részben mérési hibákból is adódhatnak, amikre még visszatérünk.

Sokkal nagyobb az eltérés a *légmozgás tömegét* illetően az elméleti számítások és a tapasztalati adatai között. Az említett  $0,0105 \text{ kg/m}^3$  légsűrűség-növekedésnek a barlang légtere alapján kb.  $220 \text{ m}^3$  levegő felel meg, tehát megközelítően ennyi levegőnek kellett volna az említett időszakban a barlangból a szabad légterbe kiáramlania. Ezzel szemben a megfigyelőhely szélcsatornáján kb.  $2,5 \text{ m}^3$  levegő áramlott ki. Ennek, valamint az előbb említett anomáliáknak néhány magyarázata:

1. A barlangi ajtón létesített szűk lyuk átbecsátó-képessége aránytalanul kicsi. Kitért ajtón át a — sajnos műszerünkkel nem mérhető intenzitással — kifelé mozgó levegő abszolút tömege nyilván az általunk mért sokszorososa lett volna.

2. Feltehető, hogy a barlangnak számos felszínre, felszín közelébe nyúló „szellőző” nyílása van hasadékok, kürtők formájában. Magát a barlangot bezáró kőzetösszetet sem tekinthetjük hermetikusan zárt rendszernek (5).

3. Közrejátszhat a levegő „tehetetlensége” is, hiszen a barlangi légtér zeg-zugos folyosókból, szűk járatokból áll és a nagyobb légtérű barlangtermek a bejáratától távol helyezkednek el. Mire a külső levegő légsűrűségi „ingere” alapján egy mozgásfolyamat kifejlődhetne, a külső levegő sűrűsége a léghőmérséklet gyors váltakozása következtében már ellenkező irányú áramlást kezdeményez.

4. A gyakorlati huzatméréseket kedvezőtlenül befolyásolta az a tény, hogy a mérőhely kb. 30–40 méterrel a barlang átlagos talpszintje felett volt, így ezen küszöb mögött a nehezebb levegő szinte megrekedt.

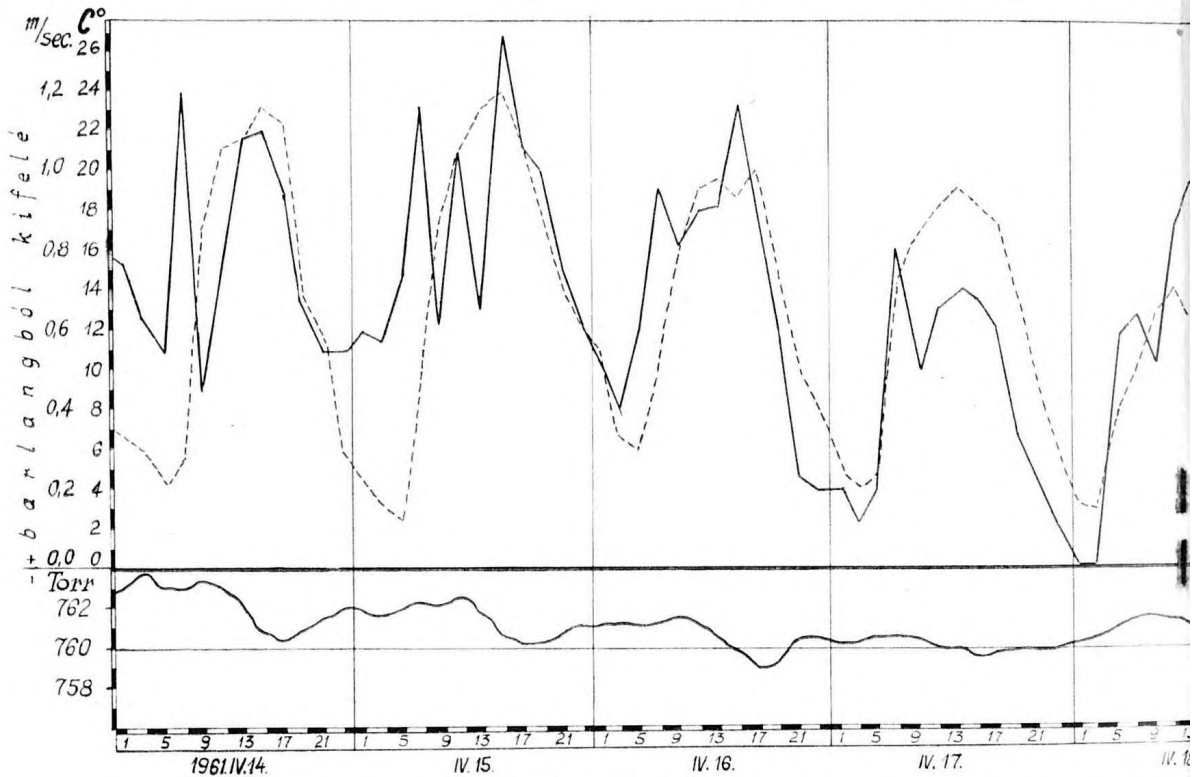
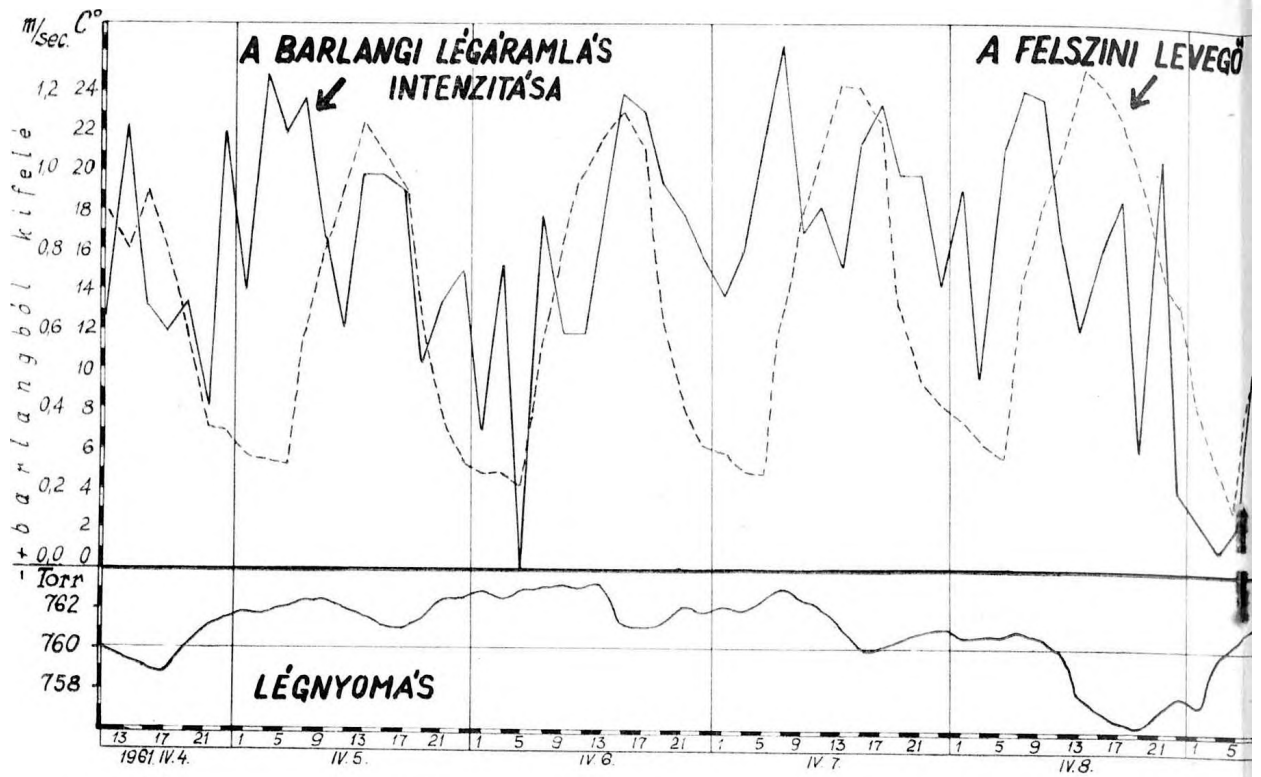
Befejezésül szólnunk kell a *barlangi légáramlás inverzitásáról* is. Mint megállapítottuk, a barlangi légáramlást nem a barlangi levegő és a felszín levegője közötti *abszolút sűrűségkülönbség* váltja ki. Hiszen ha így lenne, nyáron a hideg barlangból csak kifelé, télen pedig a viszonylag „meleg” barlangba irányuló légmozgást tapasztalnánk. Kétségtelen, hogy ilyen tendencia is kimutatható, de gyakori az *inverz állapot* is, amikor pl. nyáron éjjel a felszíni levegő hőmérséklete magasabb a barlangénál (tehát ritkább), mégis befelé áramlik a hidegebb, sűrűbb levegő a barlangba, és fordítva.

A jelenséget ismét csak azzal magyarázhatjuk, hogy a barlangi légáramlást elsősorban a felszíni légtömegekben lejátszódó sűrűség hullámok keltik életre és ezek hatása a viszonylag konstans állapotú barlangi légtérrel szemben is érvényesül. Olyan jelenség ez, mint amikor a tengerparti hullámok bevágódnak a parti üregekbe, sziklahasadékokba előbb óriási nyomást, majd vákuumot előidézve.

A barlangi légáramlás kutatása a szeleometeorológiának egy viszonylag elhanyagolt területe. Főleg azonos módszerrel gyűjtött, hosszabb (éves) idősorok hiányoznak. Nehezíti a munkát, hogy ahány barlang, annyi sajátos föld alatti légáramlási rendszer van és az összehasonlítás igen nehéz. Minden nehézség ellenére kívánatos, hogy néhány nagyobb barlangnál rendszeres, műszeres méréseket végezzünk.

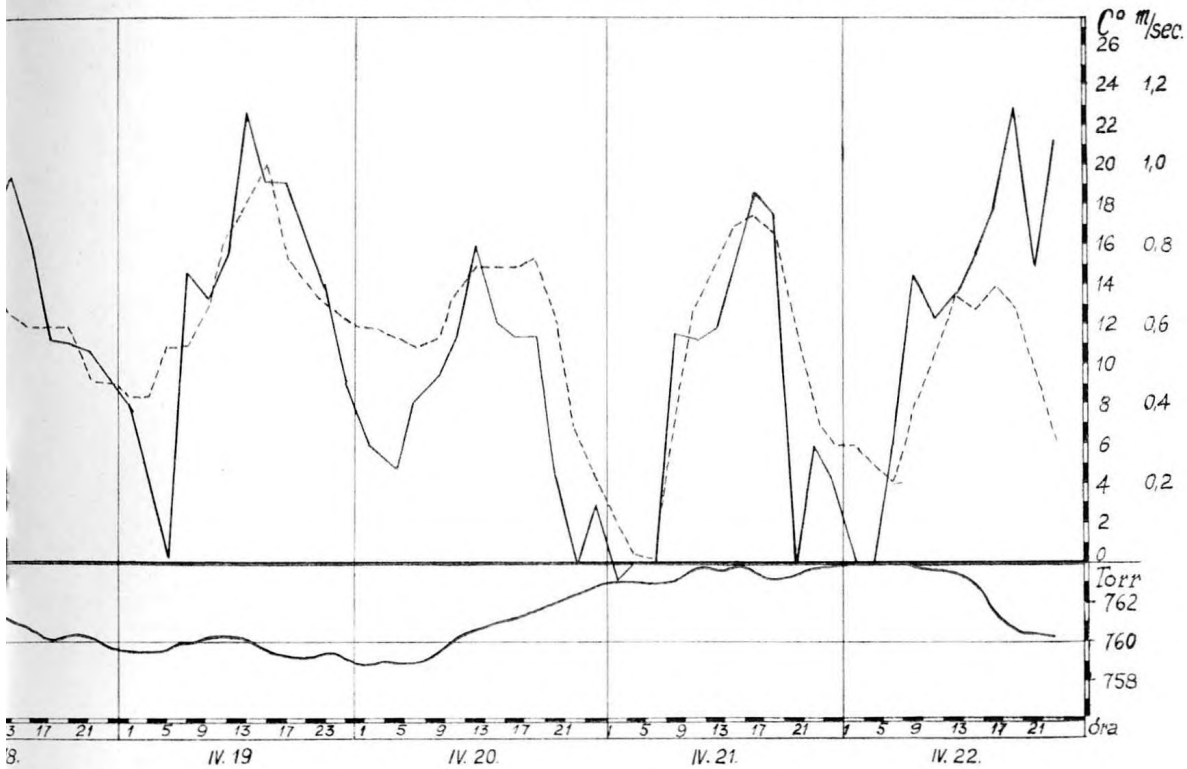
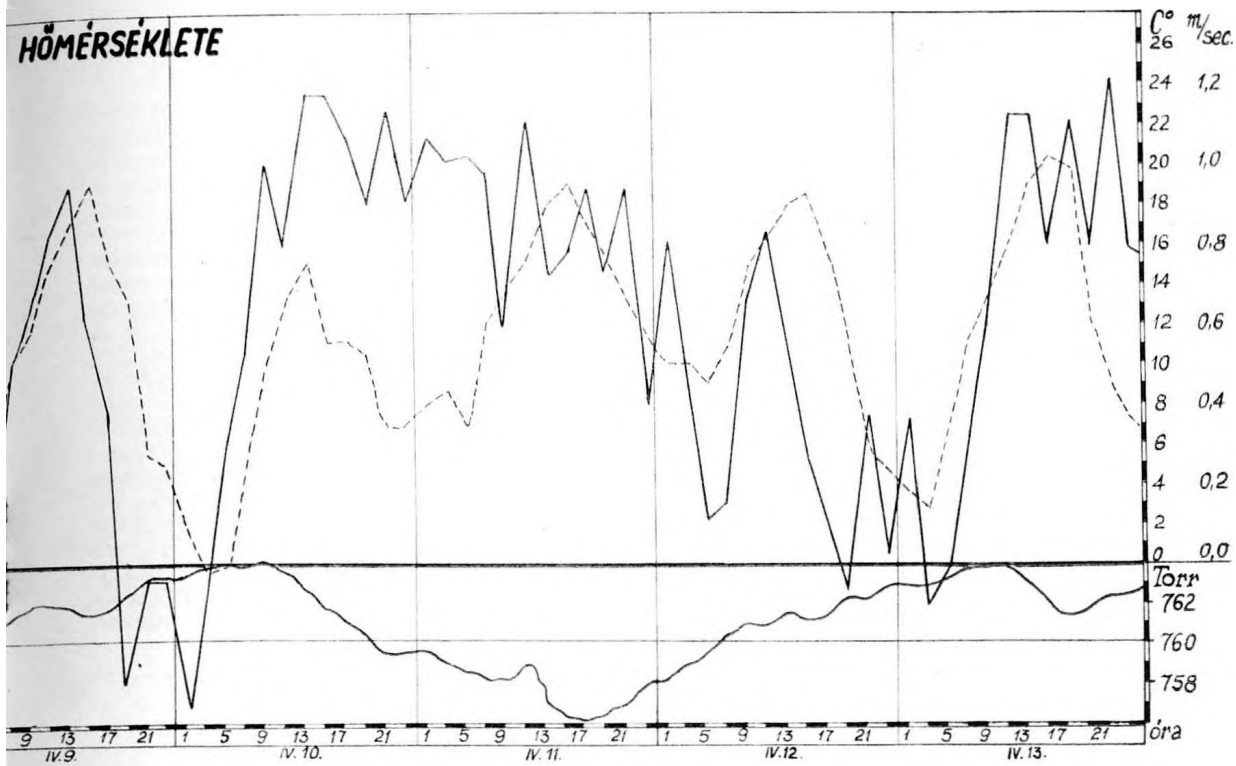
4 Szabadság-barlang mesterséges tárójának bejárata, ahol a barlangi légáramlásmérések folytak





6. ábra. A barlangi légáramlás, a felszíni hőmérséklet és





*légnyomás változásainak grafikonja az 1961. április 4—22. időszakban*

## IRODALOM

1. **BALÁZS DÉNES:** A Szabadság-barlang. — Karszt- és Barlangkutató. 1961. II. pp. 61—75.
2. **BALÁZS DÉNES:** Barlangi légáramlás napi járása nyáron. — Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató. 1960. szept.-okt. pp. 411—428.
3. **CIGNA, ARRIGO A.:** An Analytical Study of Air Circulation in Caves. — Internat. Journal of. Spel. Vol. III. (1967) Part. 1—2. pp. 41—54.
4. **JAKUCS LÁSZLÓ:** A Békebarlang felfedezése. — Budapest. 1953. pp. 78—99.
5. **MARKÓ LÁSZLÓ—JAKUCS LÁSZLÓ:** A barlangi légáramlás keletkezése. — Hidr. Közöny. 1956. 36. évf. 4. sz. pp. 314—316.
6. **MARKÓ LÁSZLÓ:** A barlangi légáramlás szerepe a karszt-barlangok képződésénél. — Karszt- és Barlang. 1962. 1. pp. 11—14.
7. **MARKÓ LÁSZLÓ:** Barlangi légáramlás kérdéséhez. — Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató. 1962. márc. pp. 22—26.

## BEITRÄGE ZUM STUDIUM DER HÖHLENLUFTSTRÖMUNG

Die Ausbildung der Luftströmung der grösseren Höhlensysteme verursachen in erster Linie die Dichtigkeitsunterschiede der inneren und äusseren Luft, vor allem die Unterschiede in der Temperatur, im Luftdruck und in der Luftfeuchtigkeit. Zwecks der Unterstützung der theoretisch ausgearbeiteten Zusammenhänge mit den erfahrungsmässigen kvantitativen Daten durchführte der Verfasser Versuchserien mit seinen Mitarbeitern. Das untersuchte Objekt war die Szabadság- (Freiheits) Höhle in Nord-Ungarn, die 2,5 km lang ist und einen Rauminhalt von ungefähr 25000 m<sup>3</sup> hat. (1. Abb.) An deren gut versperrten Eingangstür montierte man ein Löffelanemometer in einen offenen Luftkanal. (2. Abb.) Das Grafikon der Messungsserie von Sommer zeigt die 3. und die 4. Abbildung, die Ergebnisse der Wintermessungen die 5. Abbildung, die Ergebnisse der Übergangsperiode vom Frühjahr zeigt die 6. Abbildung.

Auch aus dem Grafikon ist der enge Zusammenhang der Höhlenluftströmung mit der Temperatur der Luft augenfällig, die Luftdruckveränderungen treten nur in den Anomalien auf. Der Verfasser vergleicht am Ende seines Beitrages die theoretischen und erfahrungsmässigen Ergebnisse.

## Данные к изучению перемещения воздуха в пещере

Причиной возникновения перемещений воздуха в пещерах является разница в плотности внутреннего и наружного воздуха, в первую очередь разница в температуре, влажности и давлении. Для того чтобы подтвердить теоретические соотношения количественными опытными данными, автор с сотрудниками проделал серию измерений. Объектом исследований являлась пещера Сабадшаг около Эгерсэг в северной Венгрии, с общей длиной 2,5 км и с объемом 25000 м<sup>3</sup> (фиг. 1.). В хорошо закрывающейся двери пещеры оставили воздушный канал и в него поместили олиндопастный анемометр (фиг. 2.). График серий летних наблюдений показаны на фиг. 3 и 5. Графики наблюдений зимней, и переменной весенней погоды показаны соответственно на фиг. 4 и 6. На графиках хорошо видна тесная связь между перемещением пещерного воздуха и температуры и то что изменение давление воздуха дает только случайные отклонения от правила. В конце своей статьи автор сравнивает теоретические и опытные результаты.

## KOMPLEMENTO AL LA STUDO DE LA GROTA AERBLOVO

La aerblovon en la grandaj grotoj antaŭ ĉio la diferenco inter la densoj de la ekstera kaj intera aero kaŭzas, ĉefe la malsameco de la temperaturo, premo kaj humidozo. La hipotezon per indikoj subteni la aŭtoro organizis eksperimentaron. Ili observis la groton Szabadság (Égerszög, Nordhungario), kio estas 2,5 km longa kaj havas ĉ. 25.000 m<sup>3</sup> volumenon. (fig. 1.). Ĉe la sola, korekte fermita enirejo en aerkanalon estis la anemometro instalata. (fig. 2.). La grafikonojn de la somera mezurado la fig. 3. kaj fig. 5., la vintrajn la fig. 4. montras, la indikojn de la printempa la fig. 6. Okulfrapa es la korelativeco inter la grota aerblovo kaj subtera aertemperaturo, kontraŭe la ŝanĝo de la aerpreno okazis nur kelkajn anomaliojn. Fine la aŭtoro komparas kun la teoriaj kaj empiriaj rezultoj.