

16.568

11
1970

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
DUNÁNTÚLI TUDOMÁNYOS INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

11

FODOR ISTVÁN

AZ ABALIGETI ÉS A BARADLA BARLANGOK
LÉGÁRAMLÁSI VISZONYAI

Pécs, 1970

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
DUNANTULI TUDOMÁNYOS INTÉZETE
KÖZLEMÉNYEK

11

FODOR ISTVÁN

AZ ABALIGETI ÉS A BARADLA BARLANGOK
LÉGÁRAMLÁSI VISZONYAI

Pécs, 1970.

KIADTA
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
DUNÁNTÚLI TUDOMÁNYOS INTÉZETE

LEKTORÁLTA
SIMOR FERENC
a földrajztudományok kandidátusa

Felelős kiadó: Babics András, az MTA Dunántúli Tud. Int.
igazgatója

Készült 250 példányban, házi sokszorosítással, a Dunántúli
Tudományos Intézetben, Pécs

1951, 1970

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

AZ ABALIGETI- ÉS A BARADLA-BARLANGOK LÉGÁRAMLÁSI VISZONYAI

A levegő mozgásának igen fontos szerep jut a barlangklima sajátos jellegének kialakításában. A barlangokban fellépő légáramlásra is a külső légkör statikai és dinamikai törvényei érvényesek. A légáramlás iránya és erőssége szoros összefüggést mutat a külső levegő és a barlang belső légterének hőmérsékletével. Baumgartner megfogalmazása szerint a barlangi szelek oka leggyakrabban a külső és a barlangi levegő közötti hőmérséklet különbsége /1/. A belső hőmérsékleti eltérésekre vezethető vissza a barlangokban fellépő advektív és konvektív légmozgás, amely a belső térségekben meglévő viszonylag kis különbségek kiegyenlítését segíti elő. A barlangi szélnek a bioszféra szempontjából is fontos jelentősége van, különösen a fitobioszféra egyes egyedeinek, mint pl. gombák, vagy a barlangokba települt mohák és harasztok spóráinak terjesztésében. A légmozgás révén biztosított a barlangokban az antropogén szennyező és zavaró tényezők eloszlása /turisták, gyógykurát vevők után a felmelegedett léghőmérséklet kiegyenlítődé, a baktériumok szétszóródása és elpusztulása, a villany-reflektorok által felmelegített levegő keveredése stb./ az állandó légcsere révén a barlangokban tiszta és egészséges levegő uralkodik. A légmozgás befolyásolja a barlangokban hosszabb vagy rövidebb ideig tartózkodók /betegek vagy turisták/ komfort érzését is. Ezért pl. a huzatos szélcső-barlangok általában nem alkalmasak földalatti szanatóriumok szerepének betöltésére.

Kutatásainkat az Aggteleki-karszton, a Baradla barlangban és a mecseki karszton az Abaligeti-barlangban végeztük. A két barlang természetföldrajzi jellemvonásait előző dolgozatunkban tárgyaltuk /7/, itt ezekre nem térünk ki. A légáramlási viszonyokat mindkét barlangban külön-külön vizsgáltuk és tárgyaljuk, mert bár mindkét barlangot statodinamikus jellegűnek tartjuk, a két rendszer között jelentős eltérések vannak. A Baradla-Domica rendszer nem csupán nagyobb, de bonyolultabb is mint az Abaligeti-barlang, amelyben a téli és nyári időjárás helyzetben jól

áttekinthető légáramlási rendszer alakul ki.

A nemzetközi szakirodalom /3/ a barlangokat a légáramlás alappján három csoportba sorolja:

- a./ statikus barlangok, amelyek egynyilásúak és bennük légáramlás nincs;
- b./ dinamikus barlangok, amelyekben légáramlás van, ezeknek legtöbbször több nyílásuk van,
- c./ stato-dinamikus barlangok, amelyekben légmozgás van, de vannak teljesen szélcsendes, úgynevezett statikus üregek, zugaik.

A stato-dinamikus jellegű Baradla-Domica rendszerben sajátos légáramlási rendszer uralkodik, amelyben olyan, szinte önálló rendszerek jöttek létre, mint az aggteleki rész, vagy a Domica bejáratainak környéke. Az aggteleki és jósvafői szakaszokat részletes vizsgálat alá vette Berényi Dénes és Justyák János /2/ is.

E térségnek az általunk vizsgált időszakát szintén két részre oszthatjuk. Az 1959--60-as időszakban az aggteleki részen még csak két jól kiépített bejárat volt /Denevér-ág és a főbejárat/ kevésbé jól záró ajtókkal. Később megnyílt az új, Felszabadulási-ág bejárata két helyen is, amely a légmozgás rendszer irányában hozott változásokat. Ugyanakkor a Denevér-ág kivételével jól, közel légmentesen záró ajtókkal látták el a bejáratokat, amelyek a légmozgás erősségére jelentősen hatottak /csökkenő intenzitás: 1--2. térkép/. A Baradla-barlang megváltozott légáramlási viszonyait 1966--67-ben kutattuk.

A légmozgás irányának változására jellemző a sajátos évi menet, melyben a légmozgás iránya nyáron a barlang minden pontján ellentétes a téli iránnyal. Nyáron a Baradla-Domica rendszer jósvafői szakaszán a teljes keresztmetszetben kifelé áramlik a levegő. A csehszlovák Domica szállónál nyíló főbejáratnál ugyancsak kifelé áramlik a levegő. Az aggteleki szakaszon korábban /1960 előtt/ még két nagy nyílás határozta meg a légáramlás főirányát és nyáron a Denevér-ágon befelé, az aggteleki főbejáraton kifelé áramlott a levegő. A Felszabadulási-ág teljes kibontakozásával - ahol nyáron szintén kifelé áramlik a le-

... irányában és

erősségében is. A Baradla-barlang aggteleki szakaszának bejáratait és a nyárra jellemző légáramlási irányokat az 1. térképen tüntettük fel, a bejáratoknál feltüntetett nyilakkal. A barlang belsejében feltüntetett nyilak már csupán a barlang folytatását jelzik. A téli időszakban a légmozgás iránya valamennyi helyen a nyári helyzettel ellentétessé válik. A főágból nyíló oldalágakban kettős irányú légáramlási rendszert tapasztaltunk. Nyáron lent a főágból kifelé áramlik a hidegebb levegő 4-5 cm/sec sebességgel, fent pedig befelé áramlik a melegebb levegő, hasonlóan gyenge intenzitással. Télen a légmozgás iránya itt is fordított. A 2. térkép a légáramlás irányát mutatja télen, ugyancsak a Baradla aggteleki szakaszának bejáratait ábrázolva.

Természetesen az Abaligeti-barlangban, amely a Gresel-féle felosztás alapján /3/ stato-dinamikus, egy bejárátú barlang, a légáramlás rendszere nem olyan bonyolult, mint a Baradlában. Itt nyáron kifelé irányul a levegő mozgása, télen pedig a barlang belseje felé. A kiegyenlítést előidéző ellenáramlás ebben a barlangban elsősorban az oldal-ágak, a különböző rések és ropedések mentén lép fel. Ezt szemléletesen tükrözi az 1. ábra. /Az ábrák címét lásd az ábrajegyzékben./ A 2. ábra már a hőmérséklet napi járását mutatja be a szabadban és a barlang bejáratánál különböző magassági szinteken. Továbbá bemutatja azt az időszakot, amikor a nyári helyzettel ellentétesen nem a barlangból kifelé, hanem befelé áramlik a levegő.

Amikor a két légtér - a külső és belső levegő - hőmérséklete azonos, a barlangban szélcsend uralkodik. Ilyen állapot az átmeneti időszakokban tavasszal és ősszel, valamint az erősen lehülő nyári éjszakákon fordul elő. A 2. ábrán ezeket a kritikus pontokat egy jellemző meleg nyári napot követő derült éjszakán kb. 21 órától éjfélutánig /0 óra 30 perc/ és reggel 5 óra 30 perctől 6 óráig terjedő időközbe tehetjük. Az ábra csak a barlangba befelé irányuló légmozgás időtartamát tünteti fel. Így feltűnő, hogy a délelőtti órákban az erős felmelegedés ellenére sincs befelé irányuló légmozgás és az egész keresztmetszeten kifelé áramlik a levegő 7 órától 12 óráig egyre fokozódó intenzitással. Ebben az időszakban az Abaligeti-

barlang feltehetően egy divergens térrész. A külső levegőnek a barlang átlagos hőmérséklete fölé való emelkedésével a barlangból egyirányú és állandó kiáramlás kezdődik meg, amely erősebb felmelegedés esetén csak a déli órákig tart /viszonylag nagy intenzitással; 25--30 cm/sec/. Gyengébb felmelegedés esetén /amikor a kinti hőmérsékleti maximum $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt marad/, a levegőnek ez az egyirányú kiáramlása egész nap tart 10-25 cm/sec légáramlás erősséggel. Erősebb felmelegedés esetén 12 óra körül a barlang legfelsőbb részében 100 és 130 cm között megindul egy változó intenzitású ellentétes - befelé irányuló - meleg légáramlás. Ennek az az oka, hogy a keskenyebb vagy tágasabb karsztrepedéseken keresztül beáramló levegő-mennyiség nem tudja pótolni a főbejáraton intenzíven kiáramló hűvösebb levegőt, így a barlangban kialakuló légritkulás szívó hatásával a bejárat legfelsőbb részén megindítja a levegő ellenáramlását. Ez a jelenség bár nehezebben követhetően, de a több bejáratú Baradla-Domica rendszerben is fellép időnként. A nyári időszakban egyes bejáratoknál /Felszabadulási-ág bejárata, aggteleki főbejárat, Vöröstói kijárat stb./ ugyancsak megtalálható egy időpontban a kettős irányú légáramlás, vagy a teljes keresztmetszetben rövid időközben az ellentétesen változó légmozgás iránya.

A légáramlás erősségének változását is azok a törvényszerűségek befolyásolják, amelyek annak az irányát meghatározzák. A légnyomás és a hőmérséklet terén előálló nagy különbségek hatalmas légtömegeket hoznak mozgásba, amelyek az egyensúlyi állapot létrehozására törekednek.

Először a Baradla-Domica rendszer viszonyait vizsgáljuk részletesen.

Nyári időszak

Nyáron a jósvafői kijárat teljes keresztmetszetében rendkívül nagy erővel tódul a szabadba a barlang $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os /1959/, esetenként $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os /1960/ levegője. A légáramlás a járat tengelyében és a tengelytől a talaj felé a legerősebb, 1959. június 18-án maximális értéke $4,5\text{ m/sec}$ volt /3. ábra/. Ekkor a szabadban a hőmérséklet $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal alacsonyabb, mint az Őriások termének lég hőmérséklete.

vül minden kétséget kizáróan összeköttetésben áll a barlang a külszínnel a felszíni víznyelőkön keresztül és az apró hajszáll-repedéseken át is, amelyek a barlangot magába foglaló hegységet szövik keresztül. A Baradla magyarországi szakaszának legmagasabb pontján /tengerszint felett 350 m/ lévő barlangbejáraton /Denevér-ág/ a légáramlás nyáron a szabadból a barlang belseje felé irányul. Erőssége a hőmérséklet különbségétől függ. Érdekes jelenséget figyeltünk meg 1959. július 15-én. Délelőtt rendkívül meleg volt. Ez a száraz meleg már több mint egy hónapja tartott, amikor július 15-én kb. 13 órakor erős zivatar kerekedett. A felhőszakadás hatására a hőmérséklet gyorsan lehült és szinte pillanatról pillanatra gyengült le a légáramlás erőssége is. Irányában is változás állott be, amikor a külső levegő hőmérséklete alacsonyabb lett, mint a Denevér-ágé.

A szabad levegő nagyfokú felmelegedése esetén a Denevér-ág nyílásánál általában 3—4 m/sec a légáramlás sebessége. 1959. június 18-án 22 C°-os külső hőmérséklet mellett ezen a bejáraton a maximális huzaterősség 3,8 m/sec. A beáramló meleg levegő sebességének maximális értéke a járat tengelyének felső részén észlelhető, a főág Aggtelek felőli bejáratával és a Jósmafői bejárattal szemben. Az 5. ábra a légáramlás erősségét mutatja a vizsgált időpontban: a./ az aggteleki főbejáratnál, b./ és a Denevér-ág bejáratánál. A légáramlás erőssége tehát a hőmérséklet csökkenésével megváltozik, sőt megváltozhat iránya is.

Az aggteleki bejáratok viszonyait ábrázoló képről leolvashatjuk, hogy közel azonos időpontban a főbejáratnál kisebb a légáramlás erőssége, mint a Denevér-ágnál, bár a hőmérsékleti különbséget valamennyi bejáratnál figyelembe véve az utóbbinál a legnagyobb. Ugyancsak a légáramlás intenzitását ábrázolja a 6. ábra nyári helyzetben a Baradla-barlangban Jósmafőnél és Aggteleken, a két régi bejáratnál.

1959. június 18-án a szabadban 22,0 C°, a Csont-teremben 5,8 C° a hőmérséklet. A különbség értéke 16,2 C°, ugyanakkor a légáramlás maximális erőssége 2,9 m/sec. A barlang bejáratoknál az évi járás mellett napi járás is tapasztalható a légáramlás irányában és erősségében. A 7. ábra ezt a napi menetet ábrázolja a Felszabadulási-ág bejáratni nyílásánál.

Az időtengellyel párhuzamos egyenes, amely 0 m/sec-mal a teljes szélcsendet és a 0 C°-os hőmérsékleti értéket tünteti fel, egyben a barlang bejáratát is jelenti. Az egyenes alatti negatív terület a barlangból a szabadba irányuló légáramlás sebességét tünteti fel, az egyenes feletti légáramlási görbe pedig a barlangba befelé irányuló szélerősséget.

1959 nyarán huzamosabb ideig kutattunk a Kis-Baradla víznyelőnél /Felszabadulási-ág bejárata/, ahol napról-napra tapasztalható volt a huzat erejének változása. A Jakucs László által vezetett füstkísérletek¹, amelyeket több ízben megisméltünk 7--8 óra között, arra engedtek következtetni, hogy a füstnek hosszabb szűk utat kell megtenni, amíg kijut a szabadba.

A 24 óra alatt 2 percenként végzett mérések ténylegesen bebizonyították a napi ingás jelenlétét. A délelőtti órákban gyengült a légáramlás erőssége 10 óra után az érték több ízben 0 m/sec-ra esett le, 13--14 óra között a légáramlás iránya is megváltozott és a barlangból a szabadba vezetett. Ez volt az oka, hogy a füst a megtett uthoz viszonyítva aránylag későn távozott a barlang bejáratán át. 14 óra után hirtelen újból 0 m/sec lett a légáramlás sebessége, majd szinte minden átmenet nélkül 2--2,5 m/sec erősséggel ismét irányt változtatott és a barlang belseje felé áramlott a levegő. Sebességében jelentősebb változás csak a hajnali órákban jelentkezett: 3 óra 30 perckor teljes csend állott be a barlang nyílásánál, ezt huzatirányváltozás követte, amely csak rövid ideig tartott. Ez a jelenség minden nap megismétlődött a nyár folyamán. Ehhez hasonló rövid idejű változást észleltünk több ízben az aggteleki főbejáratnál is.

Az új viszonyoknak megfelelően a nyári időszakban ezeken a bejáratokon is erősen csökken a légmozgás intenzitása és a szélső esetekben is alig haladja meg a 0,5 m/sec sebességet, a nyitott Denevér-ág kivételével

¹ Az Oszlopok csarnokából nyíló Labirintusban és Vörösteremben állítottuk elő a füstöt.

Átmeneti időszak

Az átmeneti időszakokkal a tavaszi és őszi évszakot jelöljük. Tavasszal, amikor a külső hőmérséklet fokozatosan felmelegszik $9,0\text{ C}^{\circ}$; $10,0\text{ C}^{\circ}$ -ig és az ősz folyamán, amikor már megszűnnek a nagy nyári melegek, beköszöntenek az őszi esőzések, alig van eltérés a hőmérsékletben. Ez visszahat a légáramlási viszonyokra. A nagy hőmérsékleti különbségek idején fellépő huzat ereje erősen csökken, sőt iránya is megváltozik.

Jakucs László füstkísérletével bebizonyította, hogy míg hideg télben a füsttel elárasztott Baradla levegője egy hét alatt kitisztul, addig ugyanezek a barlangrészek hasonló mennyiségű füsttel elárasztva tavasszal és ősszel csak kb. egy hónap múlva tisztulnak ki teljesen.

Jakucs és Markó megállapítják, hogy a barlang állandó légcseréjét nem a barlang bejáratai, hanem a barlangot rejtő kőzet számtalan, észre sem vehető kicsiny nyílásai, repedései biztosítják /kéményhatás /4//.

Kétségtelen, hogy ennek nagy szerepet tulajdoníthatunk, de a Baradla- és az Abaligeti-barlangok esetében nem hanyagolható el a bejáratokon /amit közvetlenül megfigyelhetünk/ végbemenő levegőcsere sem; hiszen a bejáratoknál végzett pontos lég-huzat mérések azt mutatják, hogy óriási légtömegek cserélődnek ki naponta itt is. Tavasszal a gyorsabb felmelegedés következtében rövidebb ideig, ősszel hosszabb ideig jellemző a légáramlás irányának és erősségének állandó változása. Pl. 1960. október 10-én 12 C° külső léghőmérséklet mellett /19 óra 45 perckor/, a barlang jósvafői bejáratánál $11,6\text{ C}^{\circ}$ volt a levegő hőmérséklete, melegebb, mint júliusban, vagy augusztusban. Ennek oka, hogy az egész jósvafői szakaszon az átmeneti időszakban nincs állandó irányú légáramlás. Ez persze azt is eredményezi, hogy nem lehet reális keresztmetszetet készíteni ezen a bejáraton a huzat erősségéről, amely percről-percre változik. A légáramlás irányának változása követi a hőmérséklet alakulását. Éjszaka, amikor a szabadban valamivel erősebben lehül a levegő, mint a barlang hőmérséklete, a szabadból áramlik a levegő a barlangba. A légáramlás irányának megváltozása így nem ritka

jelenség. Különösen az esti és reggeli órákban fordul elő gyakran. Megfigyelhető volt, hogy 23 óra után egészen hajnali 4 óráig csak a huzat erőssége változott, de az iránya nem. Nappal főleg a barlangból a szabadba áramlott a levegő és kb. 12 órától 16 óráig egyirányú volt a légáramlás. Megfigyeléseink azt mutatták, hogy a jósvafői szakaszon zárt ajtó mellett 5 cm-en átlag 0,16 m/sec erősséggel 30 cm-en 0,13 m/sec és 200 cm-en 0,08 m/sec erősséggel áramlott a levegő 0--120 cm között kifelé, 120 és 200 cm között befelé. A szélerősség másodpercről másodpercre erősen ingadozott 5 cm-en 0,10 és 0,16 m/sec között, 200 cm-en pedig 0,04 és 0,11 m/sec között. Ugyanezen a bejáratnál nyitott ajtó mellett kb. 1 órával később átlagosan 1 m/sec sebességgel áramlott a levegő a barlangból kifelé. A legkisebb szélerősség-érték ekkor 0,85 m/sec a legnagyobb pedig 1,71 m/sec volt. A szabadban a hőmérséklet 1967. október 11-én 16 órakor 13,8 C° volt. Az aggteleki bejáratoknál már inkább jelentkezik törvényszerűség az átmeneti időszak légáramlásában is, mert a bejáratok függőleges keresztmetszete következtében a levegőrétegek számára is kedvezőbb feltételek adódnak a megfelelő áramlási viszonyok kialakulásához. A barlang levegőjénél hűvösebb szabad levegő akadálytalanul jut be az alsóbb részen elhelyezkedő főbejáraton.

A barlang melegebb levegője a magasabb Denevér-ágon áramlik ki /1960. október 12-én a barlang és a szabad levegő közötti különbség 1,2 C° volt és ilyen alacsony különbségnél a légáramlási viszonyok könnyen átrendeződhetnek/. 1967. október 11-én 11 órakor Aggteleken a szabadban 13,2 C° volt a hőmérséklet. A Denevér-ágon befelé áramlott a melegebb levegő, de igen kis intenzitással. Az átlagos légáramlás-erősség 5 cm magasan 0,07 m/sec, 30 cm-en 0,25 m/sec és 200 cm-en 0,13 m/sec volt, nyitott ajtó mellett 0,10--0,30 m/sec sebességgel. Ugyanekkor a Kis-Baradla bejáratainál zárt ajtó mellett 0,04--0,11 m/sec, nyitott ajtónál pedig 0,13--0,17 m/sec erősséggel áramlott a levegő. Zárt ajtónál 0--50 cm magasan kifelé, 50 cm felett befelé; nyitott ajtó esetében az egész kijáraton keresztül kifelé áramlott a levegő. Egy érdekes kürtőt is találunk a bejáratától nem messze, amelyben sajátos feláramlást tapasztalhatunk.

A Vöröstói-ágnál ebben az időszakban kifelé áramlott a barlang levegője. A 8. ábra az aggteleki szakaszon /a/ a főbejárat és /b/ a Denevér-ág bejáratánál fellépő légáramlás erősségét mutatja. 1966. szeptember 17-én és 1967. október 11-én zárt ajtónál kettős irányú légmozgást tapasztaltunk; lent kifelé 0,05--0,13 m/sec sebességgel, fent pedig befelé áramlott a levegő átlag 0,02 m/sec sebességgel, amelynek erőssége 0,08 és 0,06 m/sec szélső értékek között változik. Nyitott ajtónál 1967. október 11-én 18 óra 55 perckor 12,2 C°-os külső hőmérséklet mellett a teljes keresztmetszetben kifelé áramlott a levegő, 0,35 m/sec átlag sebességgel.

A Domicá-ág mesterséges kijáratán 1967. október 10-én 10 órakor 12,0 C°-os külső hőmérséklet mellett zárt ajtónál 0,04--0,05 m/sec sebességgel áramlott a levegő a teljes keresztmetszeten befelé. Nyitott ajtónál ugyanebbe az irányba 0,09--0,26 m/sec sebességgel. A barlang belsejében ekkor 10,1 és 11,3 C° között változott a hőmérséklet.

Téli időszak

A téli időszakban a Baradla—Domicá barlang légáramlására a következők a jellemzők: a Jósvafői bejáratnál a levegő mozgása határozottan egyirányú. Ez az irány a szabadból a barlangba mutat. A bejárat közelében nyitott ajtónál több mint 4 m/sec az erőssége. A 9. ábra az 1960. december 7-én észlelt légmozgás keresztmetszetét adja a Jósvafői bejáratnál. Az ábrán látható, hogy a sebesség maximális értéke a járat tengelyében észlelhető. Az áramlás erőssége a mintegy 125 m hosszú mesterséges táróban nem sokat változik.

A belső részeken, ahol a barlangüregek kitágulnak, kevésbé észlelhető a levegő mozgása. A Vetődéses-teremben pedig már a kintről beáramló hideg levegő hatása sem érződik, vagy legalább is kevésbé. /December 7-én a hőmérséklet 10,2 C°/.

A szűkebb részeken ismét felerősödik a légáramlás. A Kaffka-szorosban ez a felerősödés meglepően nagy volt, /a nyári értéknek három-, négyszerese/. 1960. december 7-én 3,1 m/sec - nyár n itt a légáramlás erőssége 1--1,8 m/sec között változott

ugyancsak nyitott ajtó mellett. Az újabb viszonyok mellett itt is jelentős csökkenés állt be a légáramlás erősségében. 1967. december 20-án és 21-én zárt ajtó mellett alig 0,20--0,30 m/sec. A Vöröstói oldalágnál befelé áramlik a hideg levegő, szintén nem túl nagy intenzitással. Aggteleken az ismert módon oszlanak meg az irányok, a légáramlás erősségét a 10. ábra mutatja.

A kép baloldalán lévő főbejáratnál 2--3 m/sec-os erősséggel befelé, a jobb oldal a feltüntetett Denevér-ágnál hasonló erősséggel kifelé áramlik a levegő. Ez a légáramlási rendszer nagyon érdekes eredménnyel jár. A főágon télen beáramló hideg levegő teszi lehetővé, hogy a Csont-termet egész télen jégcsapok diszítsék cseppkövek helyett. Itt a hőmérséklet 1954 januárjában -14 C° volt /5/.

A Denevér-ágon kiáramló meleg levegő viszont egész télen át gőzölög. Ennek alapján feltételezte Reisz Keresztély, hogy a barlang neve is a szláv "paradlo" szóból származik. A Felszabadulási-ág bejáratánál zárt ajtó esetében az 1967 decemberében végzett mérések alapján a levegő 0--80 cm magasság között befelé áramlik átlag 0,20 m/sec erősséggel, 80--200 cm magasságban pedig kifelé áramlik 0,05--0,20 m/sec-os értékek között változva. A téli viszonyoknak felel meg az 1967. november 12-én a Domicában végzett vizsgálatunk. 9 óra 40 perckor a külső levegő hőmérséklete $3,7\text{ C}^{\circ}$, a barlang belsejében pedig 9 és 10 C° volt. A Szüz folyosóban, a Négerdobnál intenzív befelé áramlást tapasztaltunk 0,10--0,12 m/sec értékkel, a Majkó-teremből a kijárat folyosón kifelé áramlást észleltünk 0,00--0,05 m/sec értékek között. A Baradla-Domica rendszer belsejében éppen a bejáratokon keresztül folytonosan áramló levegő következtében igen kis időszakoktól eltekintve állandóan van légmozgás. Ezek az értékek azonban éppen a belső tágas járatok, hatalmas termek következtében kis értékűek, amely értékek állandóan változnak a 0,00--0,15, esetleg 0,20 m/sec-os nagyságrendek között. Természetesen a vízszintes irányú légmozgás mellett a konvektív légmozgással is számolnunk kell. Sőt Csemor és Zalavári /6/ a függőlegesen felfelé tartó légáramlást állandóbbnak tartja, mint a vízszintest.

Az Abaligeti-barlang légáramlási rendszere egyszerűbb, amint erre a dolgozat első részében már utaltunk. Amikor a külső levegő a barlang belsejének hőmérséklete alá süllyed, a barlang száján befelé indul meg a légáramlás, amely $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti külső hőmérséklet esetén a bejáratnál kb. $0,20\text{ m/sec}$ átlagos sebességű és mintegy 350 m -ig mérhetően követhető. A barlangon végig áramló alacsony vízgőztartalmú levegő erős párolgást idéz elő, elősegítve télen a barlang kiszáradását. Ebben a meteorológiai helyzetben a barlang valamennyi mellékágában és repedésében a főágból kifelé áramlik a melegebb vízgőzzel feldúsult barlangi levegő. A nyári időszaknak megfelelően a külső levegő felmelegedésével /a barlang belső hőmérséklete fölé/ az egész rendszerben ellentétessé válik a légmozgás iránya. A bejáratnál a kifelé irányuló levegőáramlás legnagyobb sebessége az erős külső felmelegedések esetén ugyancsak $0,20\text{--}0,30\text{ m/sec}$ körül mozog. Ilyenkor azonban a barlang bejáratának legfelső térségében mintegy $500\text{--}600\text{ cm}^2$ -nyi felületen $0,08\text{--}0,10\text{ m/sec}$ sebességgel langyos áramlás indul meg a barlangba befelé. A jelenséget a 3. ábra tárgyalásánál magyaráztuk. A kifelé áramló levegő sebessége azonban minden időszakban igen szélsőséges értékek között ingadozik, $0,00$ és $0,45\text{ m/sec}$ között. Egyes lökések eléri a $0,60\text{ m/sec}$ -os értéket is. Ezáltal a barlang folyamatos átszellőzése a hajszálrepedések és rések mellett a bejáraton keresztül az egész év során biztosított.

Érdekes eredményekre következtethetünk a barlang egyes pontjain különböző magasságokban közel azonos időben, változatlan külső időjárási helyzetben végzett légmozgás sebesség intenzitási mérésekből. A 11. ábra az Abaligeti-barlang több pontjának légáramlás erősség ingadozását ábrázolja 50 cm magasan $20\text{--}20$ másodperces intervallumban. A mérések másodpercenként történtek 1967. április 19-én 15 és 17 óra között. A külső levegő hőmérséklete 15 órakor $8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, ugyanakkor a barlang belsejében $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ között változott. Szemléletes a bejáratától 10 m -re lévő pont légáramlási görbéje /11. ábra/. A szélsőséges amplitudók a bejáratnál a görbéhez viszonyítva már jelentős mértékben csillapodnak, a turbulens jelleg azonban még érvényesül. A belső terek légmozgására a fokozott kiegyenlítetttség lesz a jellem-

ző. A légáramlás erősségét mutató amplitudók már csak kis értékekben változnak, illetve a felerősödés és logyengülés fokozatosan történik /pl. a barlang I. oldalágánál a légáramlás erősségének 6 cm/sec-mal való egyenletes növekedése 3 másodperc alatt következett be, ugyanakkor a bejáratnál azonos szinten nem ritka a légáramlás 30--40 cm/sec-os erősség változása sem. Az I. oldalágánál a maximális szélerősség huzamosabb időn keresztül végzett mérések esetében /300 mérési adatból/ 0,24 m/sec, a minimum-érték ugyanitt 0,09 m/sec. A Flórián forrás után a barlang kiszélesedik /a mérőpont környékén/, a légáramlás egyenletes lesz és erősen gyengül. Irányát megtartva a belsőbb részekben, ahol a járat falai összefüggő szűkülnek /a folyosó szélessége 2,0--2,5 m; bár a vertikális kiterjedés nagyjából azonos marad/, a légáramlás erőssége növekszik. Átlagos érték a Flórián-forrás után kb. 160 m-re a bejáratától 0,10--0,14 m/sec. A bejáratától kb. 250 méterre a Lengő-kőnél 50 cm magasban 0,15 m/sec. Ugyancsak a Lengő-kőnél tapasztalható légáramlás sebességének értékeit tartalmazza a 12. ábra 30 és 50 cm magasságban. Érdekes, hogy az I. baloldali ág és a Lengő-kő közötti 210 méteres barlangszakaszon alig 0,05--0,10 m/sec a légáramlás sebességének különbsége. A 13. ábra pedig a barlangi széliránynak és erősségnek változását mutatja egy rendkívüli téli és tavaszi napon, amikor az erős felmelegedés, illetve lehülés az érvényes téli illetve nyári helyzetnek megfelelő légmozgás irányt teljesen ellenkezőre változtatja. 1967. február 23-án ugyanis a szabad levegő hőmérséklete 12 C° fölé emelkedett, 1967. április 19-én pedig 9 C° alá süllyedt. Az első esetben a szabadban melegebb volt a levegő, mint a barlangban, a második esetben pedig hidegebb.

Ö s s z e f o g l a l á s

A légáramlás iránya és erőssége mindkét vizsgált esetben igen szoros összefüggést mutat a külső levegő és a barlang belső légtérének hőmérsékletével. Ennek alapján a légáramlás rendszerének irányára megkülönböztethetjük a nyári helyzetet és a vele ellentétes téli helyzetet. Az egy nyílású Abaligeti-barlang légáramlás-rendszere egyszerűbb. Itt nyáron a főágból a bejáraton kifelé, az oldalágakban és repedésekben pedig a főág felé áramlik a levegő. A Baradla légáramlás-rendszere összetettebb. A Domicának és az aggteleki szakasznak - több bejáratuk következtében - önálló légmozgás-rendszere van, melyeken belül nyáron az alacsonyabb fekvésű bejáratokon kifelé áramlik a hűvösebb levegő, a magasabb járatokon /Domic mesterséges bejárata, Denevér-ág bejárata/ pedig befelé áramlik a melegebb levegő, a jósvafőinél nyíló mesterséges bejáraton nyáron szintén kifelé áramlik a hideg levegő. Télen az egész áramlási rendszer fordított irányú.

A jól záró ajtók jelentősen csökkentik a légmozgást a Baradlában, de meg nem szüntetik.

Amikor a külső és belső légtér hőmérséklete azonos - ilyen állapot az átmeneti időszakokban tavasszal és ősszel, valamint az erősebben lehülő nyári éjszakákon fordul elő - a barlangban a légmozgás erőssége minimális, iránya pillanatról pillanatra változik, sőt teljes szélcsend is előállhat.

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra. A légáramlás irányának vázlata az Abaligeti-barlangban. A vázlat feltünteti a barlang két jelentősebb elágazásában uralkodó légáramlási irányt is.
2. ábra. A hőmérséklet 24 órás járása és összefüggése az Abaligeti-barlang bejáratánál uralkodó légmozgás irányával. 1967. augusztus 22.
3. ábra. A kifelé irányuló huzat erőssége m/sec-ban a jósvafői bejárat keresztmetszetében. 1959. június 18. Baradla-barlang.
4. ábra. A hőmérséklet és a légáramlás erősségének összefüggése a Baradla-barlang jósvafői bejáratánál. 1960. augusztus 1.
5. ábra. A légáramlás intenzitásának keresztmetszete a./ az aggteleki főbejáratnál /tszf. 333 m/ b./ a Denevér-ág bejáratánál /tszf. kb. 350 m/ m/sec-ban 1959. június 18. Baradla-barlang.
6. ábra. A légáramlás intenzitásának keresztmetszete m/sec-ban a./ a jósvafői bejáratnál /tszf. 262 m/ b./ Aggteleken a főbejáratnál c./ a Denevér-ág bejáratánál. A jósvafői bejáratnál és Aggteleken a főbejáraton keresztül kifelé, a Denevér-ágban pedig a barlangba befelé áramlik a levegő. 1960. augusztus 1. Baradla-barlang.
7. ábra. A légáramlás napi változásának megfigyelése a még meg nem nyitott /és kibontatlan/ Felszabadulási-ág bejáratánál 1959. július 8-án. A grafikon a légáramlás erősségét m/sec-ban, irányát és a szabadban mért hőmérsékletet tünteti fel. Baradla-barlang.
8. ábra. A légáramlás erősségének -- m/sec -- keresztmetszete a./ Aggteleken a főág bejáratánál, b./ a Denevér-ág nyílásánál, 1960. október 12-én. Baradla-barlang.
9. ábra. A jósvafői bejárat légáramlásviszonyainak keresztmetszete. 1960. december 7. /A légáramlás erőssége m/sec-ban/ Baradla-barlang.

10. ábra. a./ Aggteleken a főbejárat és b./ a Donevér-ág légáramlási viszonyainak keresztmetszete m/sec-ban. 1960. december 7-én.
11. ábra. A légáramlás erősségének idő szerinti változása a talpzat felett 50 cm magasan az Abaligeti-barlang 6 jellegzetes pontján m/sec-ban. 1967. április 19. 15--17 óra között.
12. ábra. A légmozgás erősségének idő szerinti változása az Abaligeti-barlangban a Lengő-kőnél 1967. április 19-én 15 óra 30 perckor m/sec-ban./A légmozgás a szabadból a barlang belseje felé irányul./
13. ábra. A légáramlás erősségének és irányváltozásának jellemzői egy meleg februári és hűvösebb áprilisi napon az Abaligeti-barlangban. A légáramlás irányát az ábrázolt nyilaknak a barlang bejáratát jelző 0 ponthoz viszonyított iránya jelzi.

TÉRKÉPEK

1. térkép. A Baradla-barlang aggteleki járatainak térképvázlata, amely a légáramlás nyári irányát ábrázolja.
2. térkép. A Domicá-ág bejárat szakaszának térképvázlata, amely a légáramlás téli irányát ábrázolja.

I R O D A L O M

1. BAUMGARTNER, A.: Meteorologische Beobachtungen an Hölloch /Kleines Walsertal/. 21 p., 14 Abb. München, 1950. Meteorol.-Institut.
2. BERÉNYI D.—JUSTYÁK J.: Mikroklimatológiai megfigyelések az Aggteleki-cseppkőbarlangban. Debrecen, 1960. 261—39 p. /Kossuth Lajos Tudományegyetem Meteorológiai Intézetének Közleményei 17. sz./
3. GRESSEL, W.: Über die Bewetterung der alpinen Höhlen. = Meteorologische Rundschau, 1938. 11. évf. 2. füz.
4. MARKÓ L.—JAKUCS L.: A barlangi légáramlás keletkezése. = Hidrológiai Közlemények 1956. 36. évf. 4. sz. 314—316 p.
5. DROPPA, A.: Domica—Baradla, jaskyne predhistorického chloveka. Bratislava, 1961.
/A Baradla-barlangról szóló fejezetet Jakucs L. írta. 106—128 p./
6. CSOMOR M.—ZALAVÁRI L.: Barlangklimamérések a Baradlában és a Béke-barlangban. = Karszt és Barlang, 1964. 2. évf. 45—51 p.
7. FODOR I.: A Baradla- és az Abaligeti-barlang hőmérsékletének vizsgálata. Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézetének Értekezések 1969. I. köt. Bp. Akadémiai K. 1970. 109—152 p.
8. SZABO L.—HOSMÜLLER S.—KOVÁCS I.: Klimavizsgálatok az abaligeti barlangban. Pécsi Műszaki Szemle, 1963. 8. évf. 3. sz. 1—15 p.
9. URBÁN A.: Klimavizsgálatok az Abaligeti-cseppkőbarlangban. Baranya Megye Közegészségügyi és Járványügyi Állomásának Kiad. Pécs, é.n. 1—10 p. Soksz.

ZUSAMMENFASSUNG

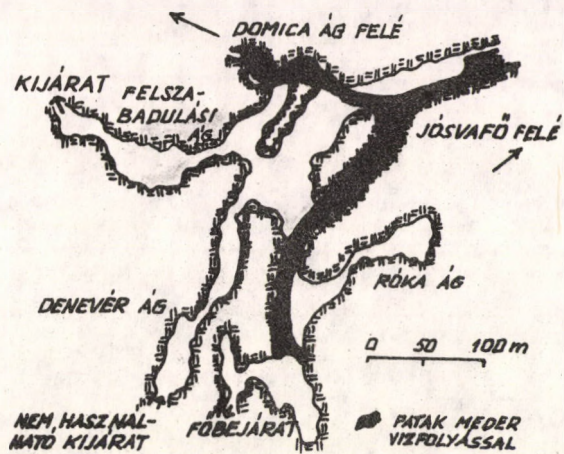
Unsere mikroklimatischen Untersuchungen wurden in der Baradla-Höhle und in der Höhle von Abaliget durchgeführt. Diese Höhlen haben ein statodynamisches Gepräge. Auf dem Grund unserer Untersuchungen sind die Folgende festzustellen.

Die Richtung und Stärke der Luftbewegung weist einen sehr engen Zusammenhang zwischen der äusseren Luft und der Temperatur des Luftraumes im Höhleninneren auf. Auf Grund dieser Behauptung können wir in der Tendenz des Luftbewegungssystems eine Sommerlage und eine gegensätzliche Winterlage unterscheiden. Das Luftbewegungssystem der Höhle von Abaliget mit einem Eingang ist einfacher. Hier strömt die Luft im Sommer von dem Hauptgang durch den Eingang aus, in den Seitengängen und in den Rissen strömt aber die Luft gegen den Hauptgang zu. Die Strecke von Domica und von Aggtelek in der Höhle Baradla haben - infolge ihrer mehreren Eingänge - ein selbstständige Luftbewegungssystem. Innerhalb dieser strömt die kältere Luft durch die tiefer liegenden Eingänge im Sommer auswärts, durch die höher liegenden Gänge aber /der künstliche Eingang von Domica, der Eingang des "Denevér-ág" /Fledermausganges/ strömt die wärmere Luft einwärts. Durch den künstlichen Eingang bei Jósvalfó strömt die kalte Luft im Sommer auch auswärts. Im Winter hat das ganze Strömungssystem eine umgekehrte Richtung.

Durch die gut schliessende Zugtüre wird die Luftbewegung in der Baradla wesentlich ermässigt, aber nicht völlig eingestellt.

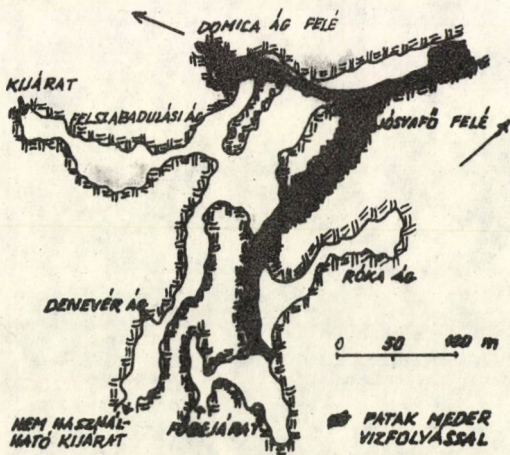
Wenn die Temperatur des äusseren und inneren Luftraumes dieselbe ist - solcher Zustand kommt während der Übergangsperioden im Frühling und im Herbst, sowie in den stärker abgekühlten Sommernächten vor - dann ist die Stärke der Luftbewegung minimal, ihre Richtung verändert sich fast in jeden Augenblick. Möglicherweise tritt sogar eine totale Windstille ein.

AZ AGGTELEKI BARLANGSZAKASZ

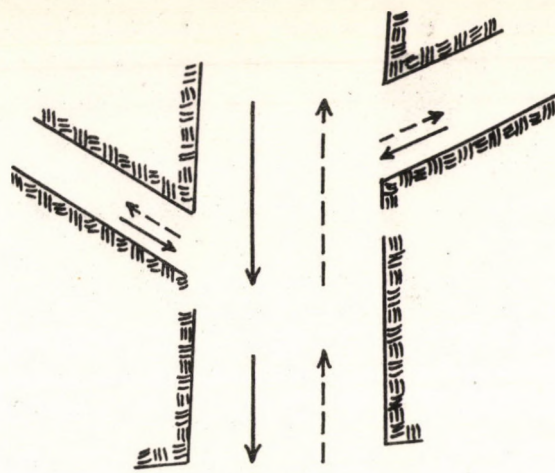


1. TÉRKÉP

AZ AGGTELEKI BARLANGSZAKASZ



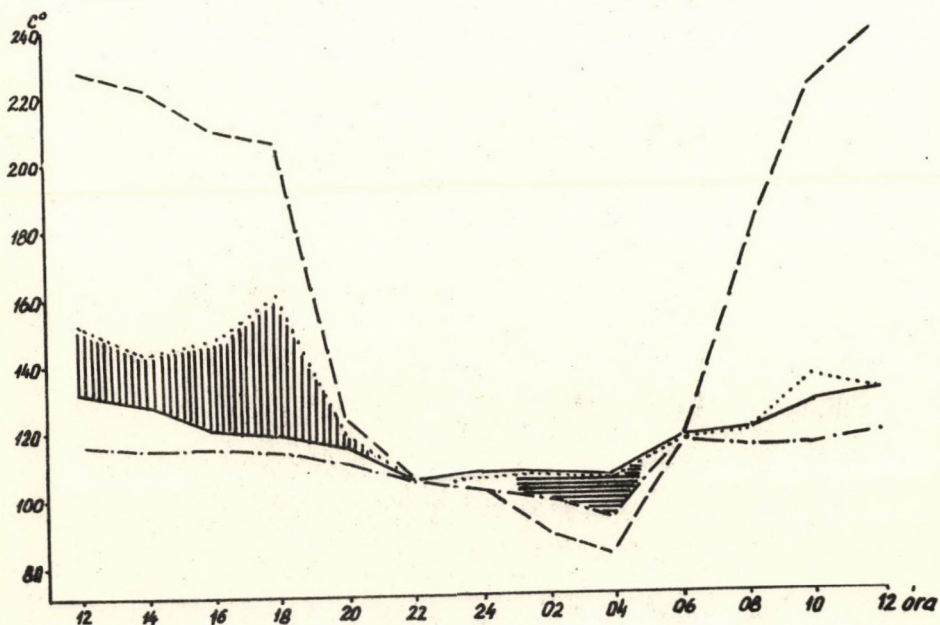
2. TÉRKÉP



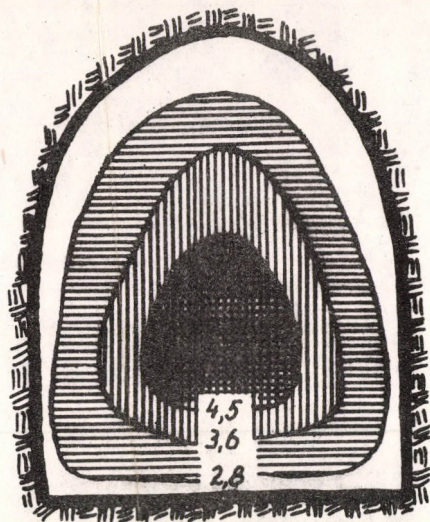
→ a légáramlás iránya
nyári félévben
- - - a légáramlás iránya
téli félévben

1. ábra

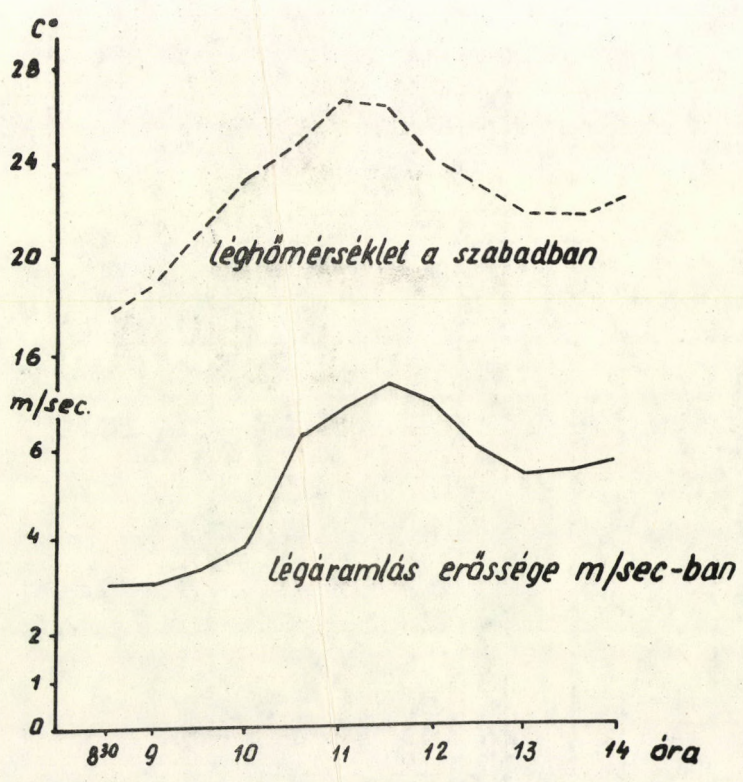
- - - Szabadban
- B. bejárat 130 cm magasan
- " " 100 " "
- - - " " 10 " "
- ==== Befelé irányuló légmozgás (lent és hűvös levegő)
- ||||| " " " " (fent és meleg " ")



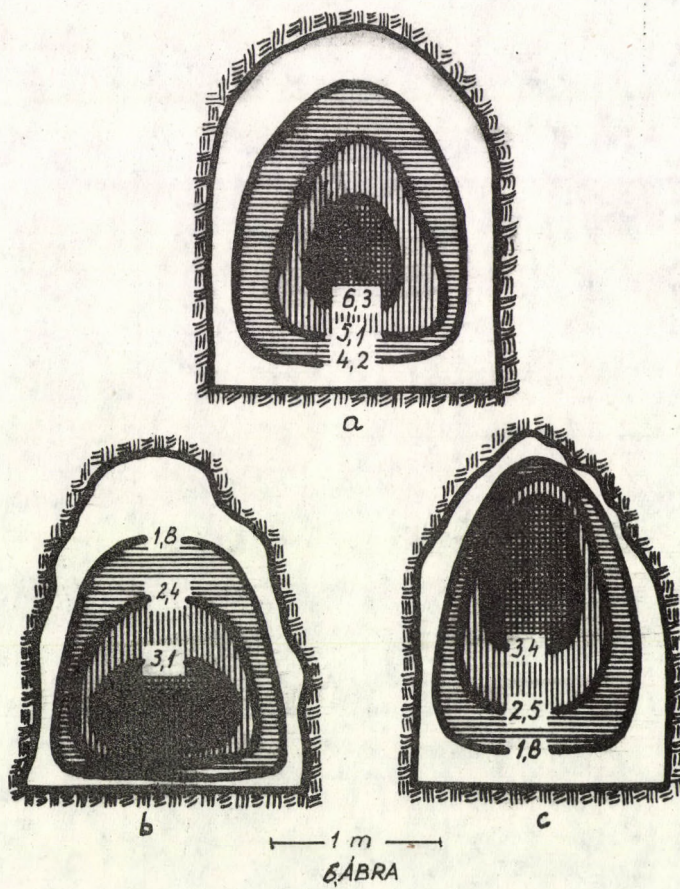
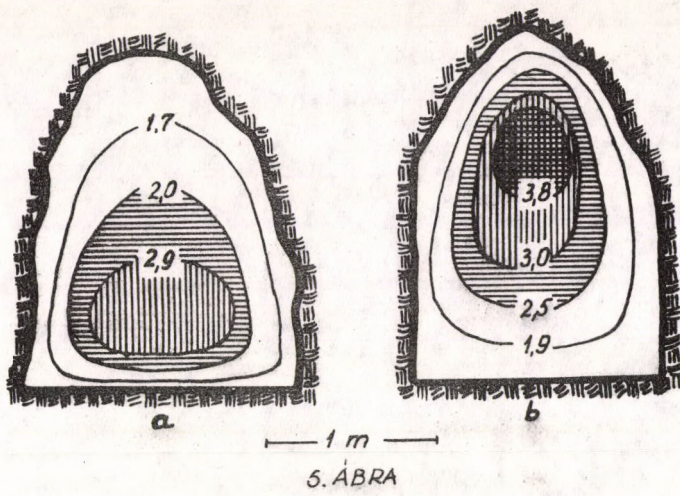
2. ÁBRA

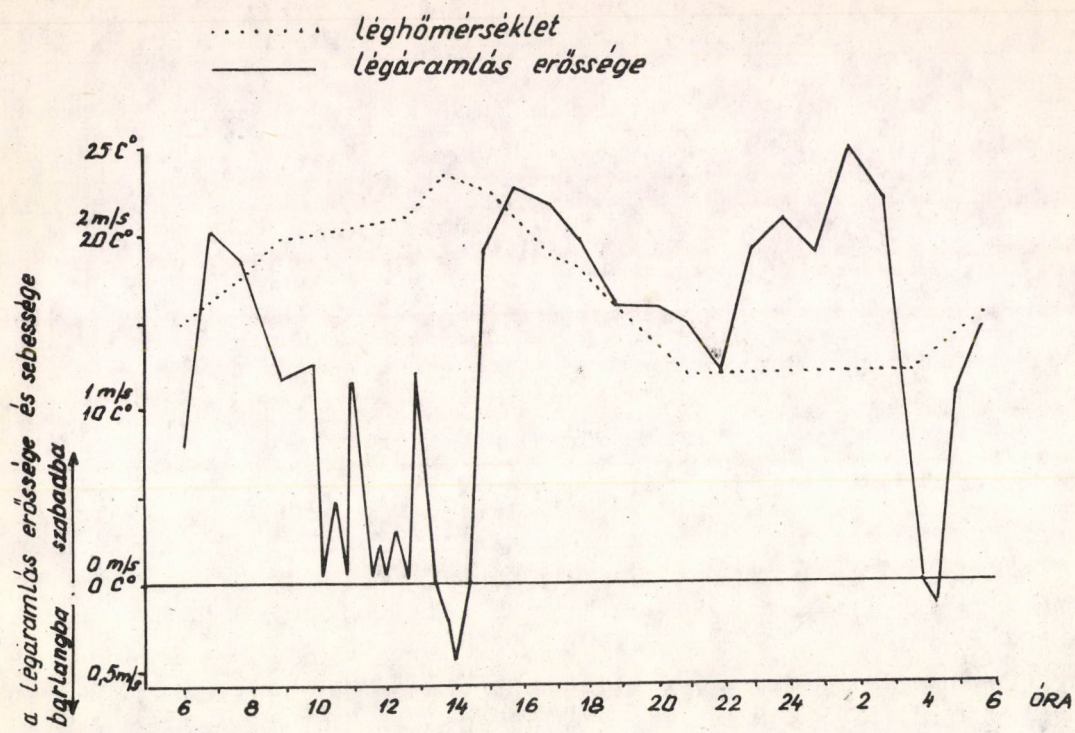


3. ÁBRA

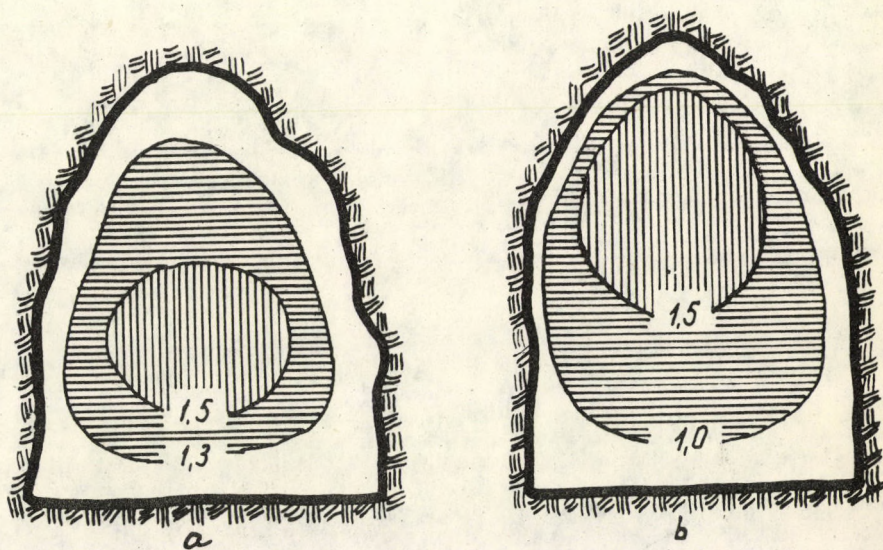


4. ÁBRA

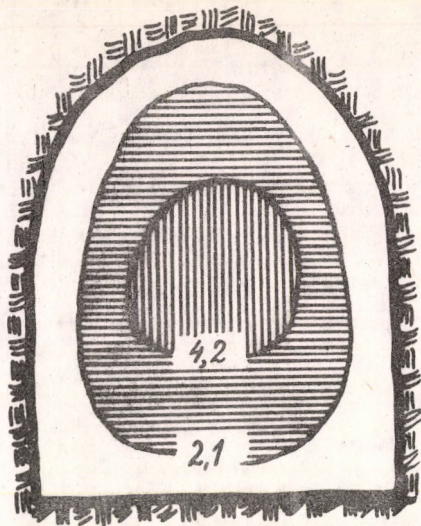




7. ÁBRA

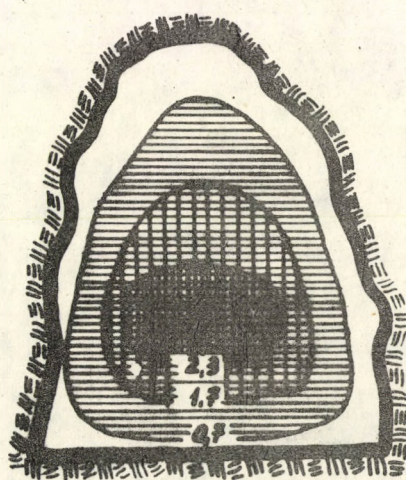


1 m
 8. ÁBRA

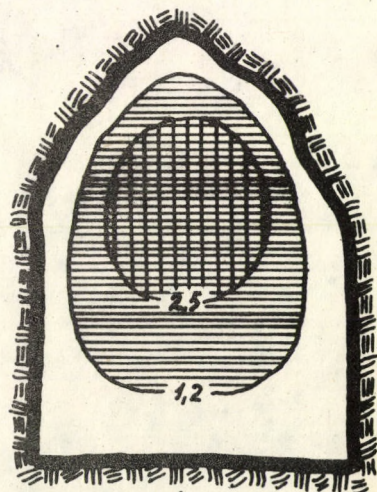


— 1 m —

9. ÁBRA



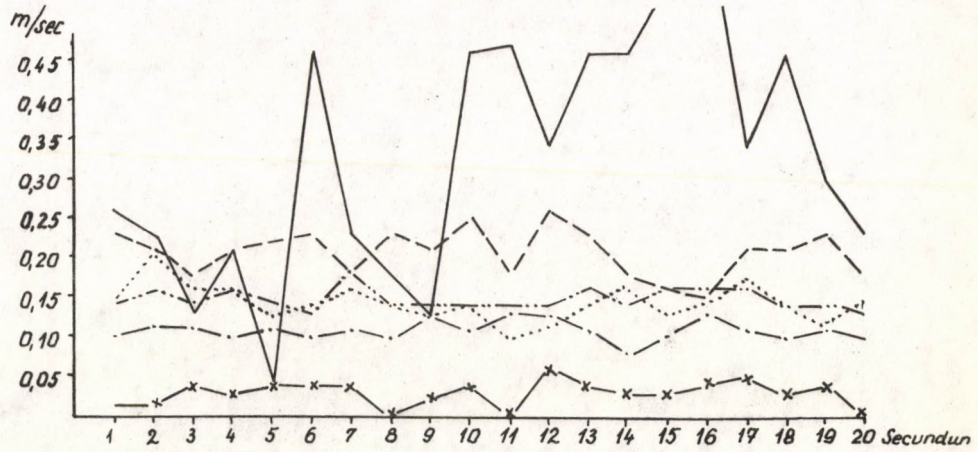
a



b

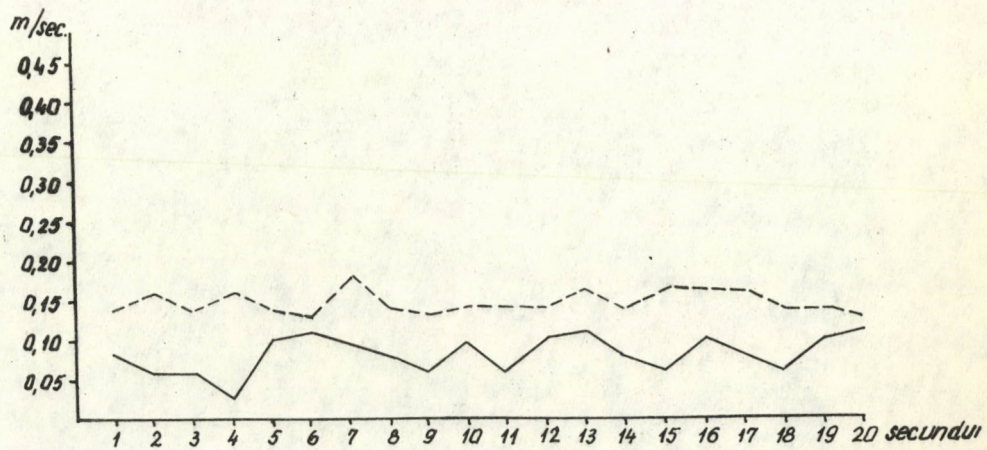
10. ÁBRA

- a barlang bejáratánál
- - - a barlang bejáratától 10 m-re
- · · a barlang I. oldalánál (a bejáratától 45 m-re)
- · - a Flórián-forrás után / - " - 160 " - /
- · - a Lengő-kőnél / - " - 250 " - /
- x - a barlang II. oldalára előtt / - " - 320 " - /

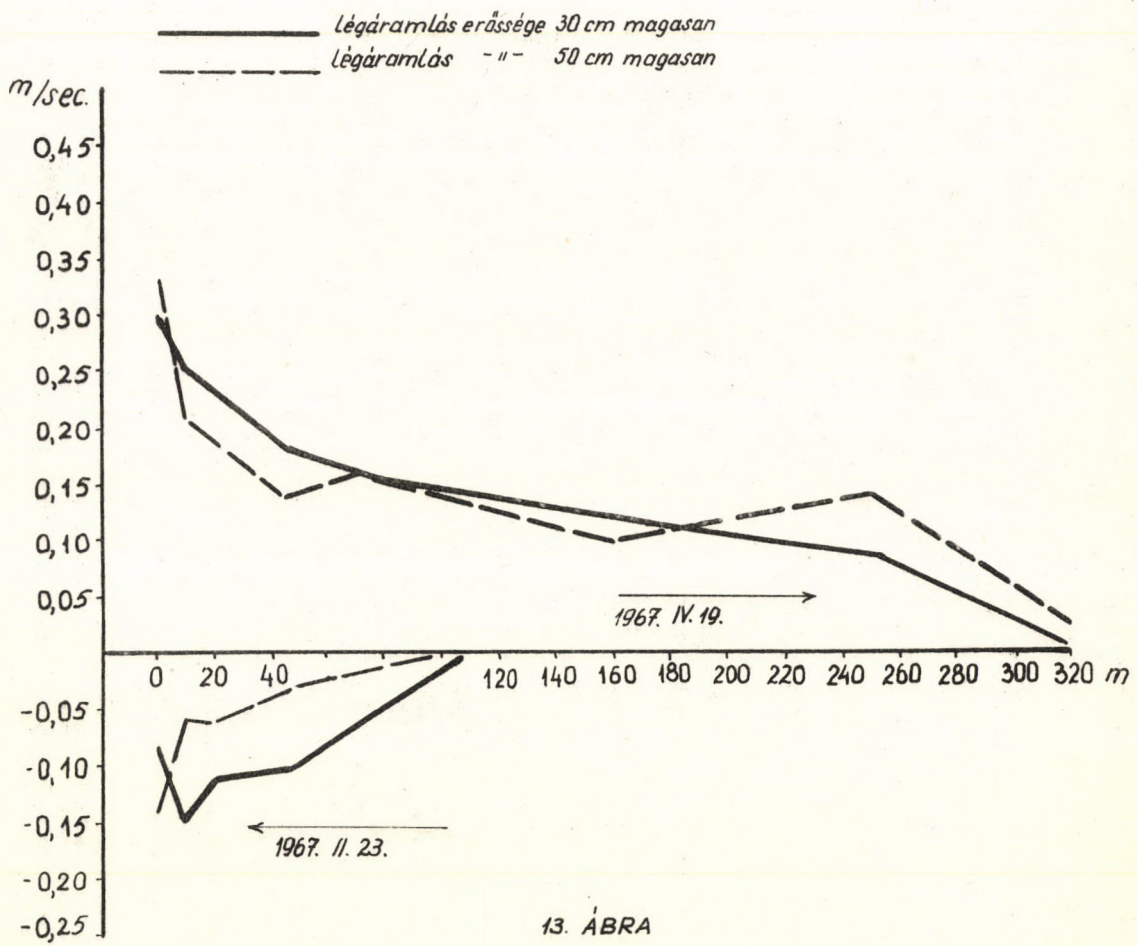


11. ÁBRA

- a talpazat felett 30 cm magasságban
- - - " " 50 " " /5 perccel később/



12. ÁBRA



13. ÁBRA

