

1rod/266

AZ ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYETEM
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEI

X. kötet

1. szám

Gádoros Miklós

**MŰSZERES VIZSGÁLATOK A KARSZTOS
BESZIVÁRGÁS MEGFIGYELÉSÉRE**

Különlenyomat



BUDAPEST

1964

GÁDOROS MIKLÓS
okl. villamosmérnök

MŰSZERES VIZSGÁLATOK A KARSZTOS BESZIVÁRGÁSOK MEGFIGYELÉSÉRE*

ÖSSZEFOGLALÁS

A karsztüregek (elsősorban barlangok) falán megjelenő, odáig szivárgó karsztvíz hidrológiai szempontból igen fontos megfigyelésére a Jósvafői Kutatóállomáson mérőberendezés készült. Ez 4–5 ml alapérzékenységgel a csepegő vizek hozamának részletes mérését teszi lehetővé. A berendezés korrózióálló és karbantartást alig igénylő, föld alatti egységei az eredményeket a Kutatóállomás laboratóriumába továbbítják. A barlangból kapott jelzéseket a laboratóriumban regisztrálóberendezés rögzíti. A regisztrátum 4–5 ml-enként húzott függőleges vonalakkából áll. E forma a hozamingadozás pontos mérését teszi lehetővé. A hozammérő berendezést kiegészítő, egyéb jellemzőket mérő készülékekkel a szivárgó karsztvizek komplex vizsgálata folyik.

1. ELŐZMÉNYEK

A karsztvíz mozgásának figyelemmel kísérése bányabiztonsági (bánya-víz) és vízgazdálkodási (források, kutak) szempontból egyaránt fontos. „Akiknek a karsztvíz kárt, veszélyt vagy akiknek előnyt, hasznot jelent, közös érdeke, hogy ne szórványos, ötletszerű adatokkal, hanem rendszeres megfigyelések alapján szerzett értékekkel számolhassanak” [1]. Sajnos — a karsztos kőzetek anizotróp jellegű vízáteresztési tulajdonságai miatt — az elméleti megfontolások és laboratóriumi kísérletek egyaránt igen bizonytalan támpontokat nyújtanak [3]. A szivárgási vizsgálatok törmelékes kőzetből vett zavartalan mintákon laboratóriumban is természetes körülmények között végezhetők, ezzel szemben a karsztos járatok viszonyai csak modell formájában közelíthetők meg [10]. Ez ugyan jól meghatározott feltételek létesítését teszi lehetővé, ugyanakkor azonban a valóságtól való számottevő eltávolodást is jelent.

Lényeges tehát, hogy a karsztvizek mozgásviszonyait lehetőleg természetes körülmények között vizsgáljuk. Első feladat a csapadék karsztba jutásának tanulmányozása. A korábbi beszivárgási elméletek kritikája, a különféle tényezők elemzése és a mecseki karszt csapadék- és vízhozamviszonyainak részletes értékelése útján Kessler H. állított fel új elméletet (és dolgozott ki jól használható számítási eljárást) a csapadék időbeli eloszlása és a beszivárgási százalék közötti összefüggés meghatározására [5].

Eljárása, mely a „mértékadó csapadékszázalék módszere” elnevezéssel jelölhető, nincs tekintettel a karszt belsejében lejátszódó folyamatokra, mert a kőzetbe jutott és abból távozó víz mennyisége — átlagban — ter-

* Készült az EKME ásvány- és földtani tanszékének Jósvafői Kutatóállomásán.

mészetesen megegyezik. A kőzet hidraulikai tulajdonságai csak az időbeli eltolódást és hozamkiegyenlítődést befolyásolják. Mivel ez a kérdés sem lényegtelen, második lépésként ugyancsak Kessler [6] kísérleteket végzett a szivárgó víz sebességének meghatározására.

E kísérleteket megelőzően *Jakucs L.* [2, 7] és *Maucha L.* [4] a kőzetbe jutás viszonyait tekintetbe véve elhatárolták egymástól a víznyelőkön befolyó és a kőzeten átszivárgó vizeket. Kessler kísérletei jó tájékoztatást nyújtanak a szivárgó víz haladási sebességére, ilyen kísérletek azonban költségesek, és komoly szervezést igényelnek, így kellő számban nem ismételhetők meg. Ezen felül e kísérlet során néhány óra alatt a talajra juttatott 80—100 m „csapadék” csak közelítéssel tekinthető a természetes viszonyok utánzásának. A valóban természetes szivárgási folyamatok értékeléséhez ugyanúgy részletes mérősorozatokra volna szükség, mint amilyen a beszivárgási százalék meghatározásához kellett. Ilyen vizsgálatokat is szervezett Kessler néhány jól járható barlangban [6]. Esetenkénti bemennettel azonban (térben és időben) kellő részletességű méréseket végezni nem lehet; az ombrográfokkal folytatott kísérletek pedig (főként az óraszerkezetek gyors tönkremenetele miatt) nem vezettek kellő eredményre (szóbeli értesülés).

2. A MÉRÉSI MÓDSZEREK KIFEJLESZTÉSE

A Jósvafői Kutatóállomás felépülése lehetőséget adott a szivárgó vizek helyszíni vizsgálatának megszervezésére [11]. Az eltelt 6 év alatt a szükséges műszereket legnagyobb részben kifejlesztettük, a vizsgálatok már folynak, s a kellő számú mérőhely telepítése már sokkal inkább beszerzési és pénzügyi, mint műszaki kérdés.

Nyilvánvaló, hogy a litoklázishálózatba leszivárgó víz sebességét, ill. hozamát a hálózatban megállapítani egyelőre aligha lehetne. Ha viszont e víz nagyobb üregbe lép, mód nyílik megfigyelésre, s e megfigyelés — ha maga az üreg természetes módon jött létre — a természetes állapot számottevő megzavarása nélkül végezhető. A szivárgó víz az üregbe lépve az esetek legnagyobb részében csepegő vízzé lesz, s mint ilyen, a vizsgálat számára elvben könnyen hozzáférhető.

Kellő pontosságú mérések elvégzésének fő akadályai a megjelenő víz csekély mennyisége (általában néhány ml/h), és a mérések számára nagyon kedvezőtlen környezet (nedves agyag, korrozív atmoszféra, nehéz közlekedés stb.). Komoly következtetéseket viszont csak sok helyen és hosszú ideig felvett mérősorozatokból lehet levonni. A fő követelmények tehát:

1. Nagy mérési érzékenység.
2. Nagyfokú ellenálló-képesség a zavaró környezettel szemben.
3. Könnyű előállíthatóság.
4. Egyszerű kezelhetőség; a sorozatmérések lehetőleg a felszínről legyenek elvégezhetőek.

Bár e kívánalmak semmi meglepőt nem tartalmaznak, a föld alatt is huzamosan jól működő berendezések létesítése nem könnyű feladat.

Már kezdetben is világosan látható volt, hogy hosszú időre terjedő, elegendő helyen végzett részletes mérősorozatot esetenkénti bemennettel

— különösen a Vass Imre-barlangban — felvenni nem lehet. Fő célkitűzéseink arra irányultak, hogy minél több barlangi adatot tegyünk minél pontosabb felszíni mérés számára hozzáférhetővé [8]. Ezek egyike a csepegő vizek hozamának mérése. Ezt ma már önműködő regisztráló mérőhálózat végzi, mely szubjektív hibáktól mentes, folyamatos adatokat szolgáltat.

Kellő tapasztalat és irodalmi támpontok hiányában a szükséges színvonalat csak több évi kísérletező-fejlesztő munka árán sikerült elérni. Első — tájékozódás céljából épített — felszínről mérő műszereink (1959. VIII.) alaptérfogata 250 ml volt, ezt rövid idő múlva (1959. XI.) leszorítottuk 100 ml-re, annak tudatában, hogy további csökkentés kívánatos volna. Ezt azonban az akkori technológiánk még nem tette lehetővé. Az alaptérfogata erős csökkentésének döntő fontossága a 100 ml-rel végzett mérések értékelésekor bizonyosodott be. Ezért 1962 tavaszán célul tűztük ki a hidrológiailag kívánatos és műszakilag ugyanakkor még reálisnak látszó 5 ml alaptérfogata elérését. Az addigi tapasztalatok felhasználásával ez sikerült is.

Mindezen műszereink jellegzetes tulajdonsága volt, hogy a mért adatokat elektromechanikus memóriaegység a barlangban tárolta, s a leolvasás tetszőleges időpontban (általában naponta egyszer) a felszínről történt. Az alaptérfogata csökkentésének egyik akadályát először a memóriaegység korlátozott kapacitása (26 lépés) volt. 1962 nyarán az 5 ml alaptérfogata mérőberendezés kifejlesztésével egyidejűleg a memóriaegység befogadóképességét megkétszereztük (52 lépés), és a mérőegységet is (csappal átkapcsolhatóan) kétféle alaptérfogatra (5 és 50 ml) készítettük. Az átalakított berendezés kezdeti méréseinek értékelése során kitűnt, hogy az 5 ml alapérzékenység már finomabb ingadozások megfigyelésére is alkalmas lehetne, mint amit a napi egyszeri leolvasás lehetővé tett. Ezen felül a leolvasások elvégzésénél is hiányosságok mutatkoztak. Mindenképpen kívánatosnak látszott a leolvasásról állandó regisztrálásra áttérni. E regisztrálókészülék mintapéldánya elkészült, s 1963 márciusa óta megszakítás nélkül üzemben van. Az eddigi tapasztalatok igen kedvezőek.

3. A MŰSZER MŰKÖDÉSÉNEK ELVE

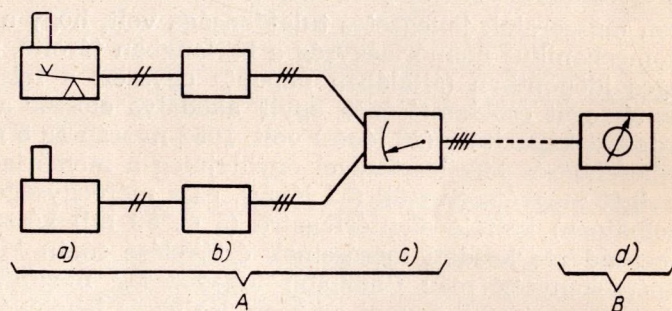
A csepegővíz-hozammérő műszer első egysége végzi a tulajdonképeni hozammérést, és állít elő a hozamnak megfelelő elektromos jelzéseket. Működési elve a következő (lásd 3. ábra).

A lecsepegő víz hitelesített térfogatú gyűjtőedénybe jut. Meghatározott térfogat (az ún. alaptérfogata) összegyűlése után a gyűjtőedény tartalmát szivornya üríti a billenőedénybe, mely kétkarú emelő egyik végén helyezkedik el. A billenőedénynek viszonylag szűk kifolyónyílása van, ennek következtében jóval lassabban ürül, mint ahogyan a szivornya feltölti. Az átmenetileg tárolt víz az egyensúly megbomlását eredményezi. Az átbillenés időtartamára a kapcsoló egy áramkört zár. Így a vízhozamnak megfelelő elektromos jelzéseket kaptunk.

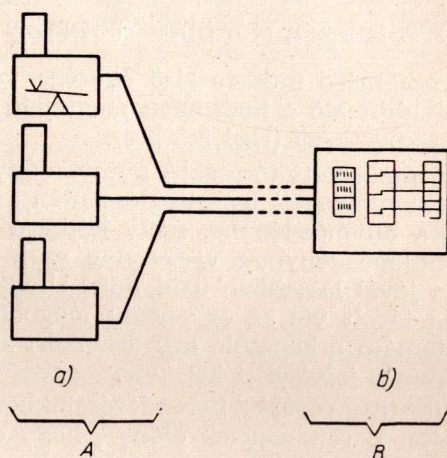
Mint már említettük, régebbi berendezéseinkben a kapott jeleket memóriaegység tárolta. E rendszernek előnye, hogy egyetlen érnégyesen gyakorlatilag 10—30 mérőhely figyelemmel kísérése lehetséges (1. ábra). Ennek ellenére a berendezés (vízhozammérés esetén) az előforduló max. 1000 m-es távolságon végeredményben drágább, mint a többeres összeköttetés (különösen, ha ezt a többeres összeköttetést csak kisebb követel-

ményekkel, impulzustovábbításra kell kiépíteni). Az eredeti memóriaegységes rendszer használatának egyik fő oka az volt, hogy az egyéb célokra üzemen tartott távkapcsolós hálózaton elegendő szabad hely volt. Hátrány még, hogy az üzemzavarok és hibák felismeréséhez hosszú idő (több nap) szükséges, és (főként) nem lehetséges folyamatos regisztrálás. Ezért a regisztrálóberendezés kidolgozásával egyidejűleg áttértünk a többvezetékes összeköttetésre (2. ábra). (Vivőfrekvenciás rendszer az adott távolságon nem volna kifizetődő.)

A beérkező impulzusok feljegyzését a regisztrálóegység végzi. Lényegében áramkörönként egy írókarral meghosszabbított horgonyú lapos jelfogót és ezzel sorbakapcsolt számláló jelfogót tartalmaz. Mivel a kutatóállomáson hálózati áram nincs, és más rendszerű óraműves szalaghajtó művet nem sikerül beszerezni, egyelőre a meteorológiai gyakorlatban elterjedt egynapos körülfordulású óraműves regisztrálóhengert használjuk.



1. ábra. A régebbi (memóriaegységes) berendezés tömbvázlata
a - vízhozammérő egységek; b - memóriaegységek; c - távvezérelt kapcsoló; d - vezérlő- és mérőberendezés; A - a föld alatt; B - a laboratóriumban



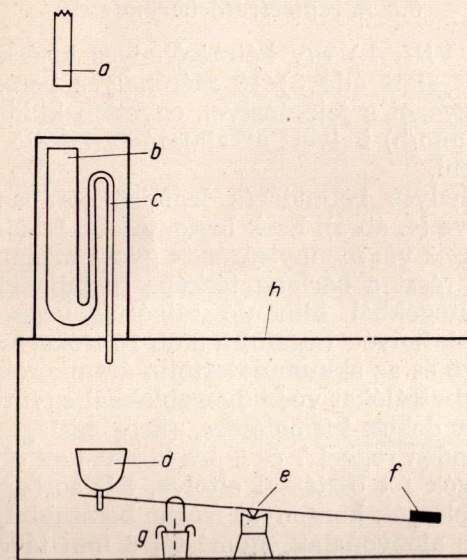
2. ábra. A legújabb (távregisztráló) berendezés tömbvázlata
a - vízhozammérő egységek; b - regisztrálóberendezés; A - a föld alatt; B - a laboratóriumban

3.1 A vízhozammérő egység

A vízhozamnak megfelelő elektromos jelzéseket adó mérőegység (3. ábra) fő részei:

1. Gyűjtőedény és szivornya.
2. Billenőszerkezet.
3. Kapcsoló.

1. A gyűjtőedény és szivornya üvegből készült, főként azért, hogy a tulajdonképpeni mérést végző elem kellő állékonysága biztosított legyen. Sajnálatos, de elkerülhetetlennek látszó mérési hibát okoz az, hogy a szivornya leszívása rendszertelenül ingadozó magasságban indul meg. Felészini kísérleteinknél az ingadozás kedvezőtlen esetben az alkalmazott kb.



3. ábra. A vízhozammérő egység vázlatja
a - cseppkő vagy robotcseppkő; b gyűjtőedény; c - szivornya; d - billenőedény; e - ékesapágy; f - ellensúly; g - higanykapcsoló; h - védődoboz

70 mm magasság mellett az alaptérfogat 10%-át is megközelítette. Barlangi regisztrátumainkon ezzel szemben az ingadozás zavaró hatását eddig — valószínűleg a lényegesen egyenletesebb körülmények miatt — még nem vettük észre.

2. A billenőszerkezet kiegyensúlyozatlan kétkarú emelő, egyik végén a billenőedénnyel (ez egy kis méretű tölcser). A kar másik végén ellensúly van, mely a billenőedény üres állapotában túlsúlyt jelent, de könnyebb, mint ha az vízzel telt. A csapágyazás műanyagból csiszolt ékkel történt.

3. A kapcsoló nyitott higancsészés rendszerű. A régebbi nagy ürítési térfogati berendezéseinkben leforrasztott üvegbúrás higanykapcsolókat használtunk, ezek azonban oly nehezek, hogy érzékeny készüléknél szóba sem jöhetnek. A szabad higannyal szembeni aggodalom nem igazo-

lódott be, a kapcsolók barlangi viszonyok között (nedvességgel telített levegőben) megbízhatóbbnak bizonyultak a leforrasztott típusoknál. Utóbbiakkal rengeteg baj volt, a selejtes forrasztásokon bediffundáló vízgőz némelyiket már néhány hét alatt tönkretette.

A csészékben a higanyt a kapcsolások gyakoriságától függően 1—2 havonként cserélni kell. A bevezetések, és a két részre osztott csészét áthidaló — tehát a kapcsolást végző — \cap alakú tű (utóbbi a billenőkarra van erősítve) rozsdamentes acélból készült.

A billenőszerkezet, higanycsésze és a védőtok műanyagból készült.

Az osztottcsészés megoldás előnye, hogy a billenőkarra semmiféle huzalt bevezetni nem kell. Ez a különben alkalmazandó igen vékony huzalok gyors korróziója miatt lényeges előny.

3.2 A regisztráló berendezés

Jelenleg (1963. VIII. 1.) egy kétmérőhelyes kísérleti regisztráló van üzemben. A gyártás alatt álló 3×10 mérőhelyes berendezés szerkezetét tekintve meg fog egyezni a jelenlegivel, egyetlen különbséget a jelenlegi kis íróhenger (11,9 mm/h) helyett alkalmazásra kerülő nagy henger (15,8 mm/h) fogja jelenteni.

A 3×10 mérőhelyes berendezés legfelső sorában 30 db számláló jelfogó van elhelyezve (4. ábra). Ezek legfontosabb feladata az egyes mérőhelyeken átfolyt összes víz mennyiségének gyors megállapíthatóságát biztosítani. A középső részt a barlang térképe foglalja el Ezen a felirattal ellátott számláló jelfogókból kiinduló zsinórok végpontjai mutatják az egyes mérőkészülékek helyét. Legalul a 3 db 10 írókaros regisztrálóegység, valamint az ellenőrző és az akkumulátortöltő áramkörök kezelőlapja található. A térkép a regisztrálókat védő üveglakkal együtt felnyitható, s így elegendő hely jut a doboz kiemelésére. (Erre szalagcserénél kerül sor.) A szalagcseréket minden reggel 7 és 8 óra között kell elvégezni.

A rajzoló jelfogók fél osztással eltolva, két sorban helyezkednek el. Az E típusú lapos jelfogók horgonyát írókar hosszabbítja meg; ez egyben áttételt is jelent. Az alapvonalak egymástól 8 mm távolságra vannak, az üritést jelző függőleges vonalak kb. 3 mm magasak.

Egy regisztrálóegység fogyasztása bekapcsolt állapotban kb. 50 mA, egy kapcsolás ideje 10—15 s, így az alkalmazott 24 V 0,45 Ah tároló-képességű (akkumulátorokból összerakott) akkumulátorteleg legerősebb csepegés esetén is 3—4 napig ellátja az üzemet. Az esetenként bekapcsolt aggregátorról az utántöltés automatikusan történik.

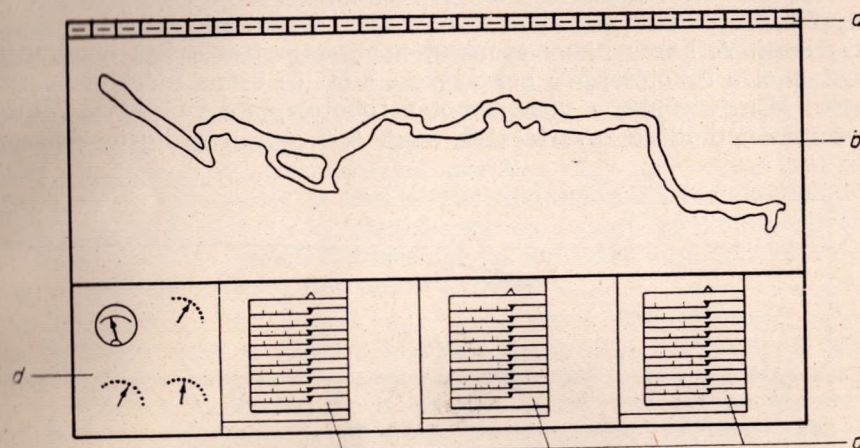
3.3 Az ellenőrző áramkör

Ilyen sok elemből álló nagy kiterjedésű mérőhálózat üzemeltetésénél létkérdés az egyszerű és gyors hiba-körülhatárolás. Ezt segíti elő az ellenőrző áramkör, amely az elektromos és mechanikus hibák megkülönböztetésére szolgál.

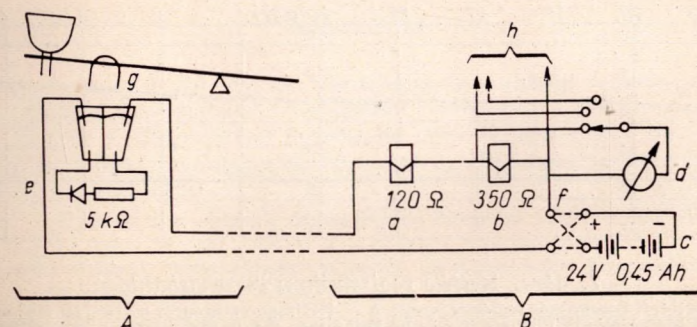
Minden mérőhelynél elhelyeztünk egy ellenállást, mely egy félvezető egyenirányítóval sorbakapcsolva, pótbevezetők segítségével közvetlenül az osztott higany csésze két oldalán a higanyhoz csatlakozik (5. ábra). A dióda a működtető feszültség üzemi polaritásánál az ellenállást leválasztja. Ha vizsgálatkor a telep sarkait megcseréljük, az áramkör az ellen-

álláson keresztül záródik. A fellépő kb. 5 mA erősségű áramra a regisztrálóberendezés nem működik; az áramkör ellenőrzése (minden egységre külön-külön) az áram lemerésével történik.

Ha a pólusváltás pillanatában valamelyik áramkör aktivált állapotban van, annak számláló jelfelfogója egy hamis impulzust számolna. Kiegészítő védőáramkör e hiba fellépését megakadályozza.



4. ábra. A laboratóriumi 3×10 egységes regisztrálóberendezés előnézete
a — számláló jelfogók; b — térkép; c — regisztrálókészülékek; d — ellenőrző és akkumulátortöltő egység



5. ábra. Egy egység áramkörének elvi rajza

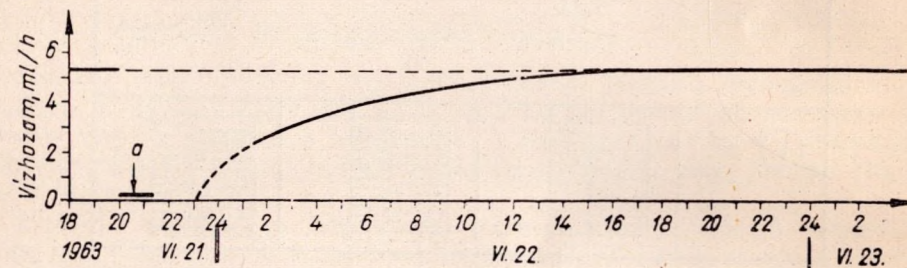
a — regisztráló jelfogó; b — számláló jelfogó; c — akkumulátor; d — ellenőrző műszer; e — ellenőrző egyenirányító és ellenállás; f — pólusváltó kapcsoló; g — higanykapcsoló; h — a többi egységhez; A — a föld alatt; B — a laboratóriumban

4. ÉRTÉKELES

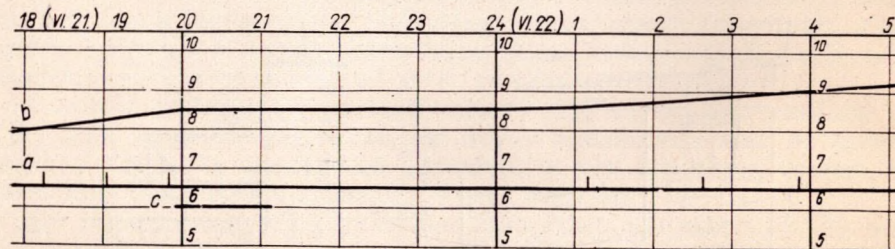
A mérőberendezés érzékenysége megközelíti a Hellman-rendszerű (úszós) csapadékmérő érzékenységét; a leolvasható legkisebb mennyiség ott 2 ml, nálunk 4—5 ml. A kisebb érzékenység hatását ellensúlyozza a kapott regisztrátum pontosabb értékelhetősége. Ugyanakkor nem kell a barlangban óraszerkezeteket elhelyezni, csak egy majdnem teljesen mű-

anyagból és üvegből készült, tehát teljesen korrózióálló készüléket. És nem kell meghatározott időpontokban szalagcsere végrehajtására lejárni, csak — lényegesen ritkábban — a berendezés karbantartása céljából.

Maga a vízhozammérés a természetes állapot megzavarása nélkül végezhető el (csak a sztalagmitképződést akadályozza meg). A Vass Imre-barlangban azonban a cseppkőképződés tanulmányozására néhány mérőhelyen az eredeti cseppkövet, ún. robotcseppkövel toldottuk meg [8, 9]. A cseppkő megtoldása viszont a természetes állapot kétségtelen megzavarását jelenti. A káros hatás azonban nem számottevő. Ezt bizonyítja a 6. ábra, ahol a robotcseppkő behelyezése előtt és utána mért vízhozamok láthatók. Mint kitűnik, a vízhozamot a robotcseppkő beiktatása mintegy 24 óra átmeneti időre zavarta csak meg. A 7. ábrán pedig összehasonlí-



6. ábra. Csepegő vízhozam alakulása robotcseppkő beiktatásakor (Vass Imre-barlang, I. sz. mérőhely)
a — robotcseppkő behelyezése



7. ábra. Kétféle regisztrátum összehasonlítása
a — az ismertett berendezés regisztrátuma; b — Hellman-ombrográf regisztrátuma; szemléltetés kedvéért a-ból szerkesztve); c — robotcseppkő beiktatása (A 6. ábra elejének eredeti regisztrátuma)

tásul a kétféle regisztrátum látható. Látszik a vonalíros rendszer előnye, hogy a vizsgálatok szempontjából fő értéket jelentő vízhozamváltozások erről könnyebben és pontosabban határozhatók meg.

A teljes berendezésben két egység a barlang feletti csapadékot fogja regisztrálni (egy vonal = egy esőmilliméter). Így a szükséges nagyszámú adat nem különböző regisztrátumokon szétszórva, hanem összesen naponta három szalagon van rögzítve. Ennek előnyei nyilvánvalóak.

A komplex vizsgálatokhoz a csepegő vizek hozamán felül annak töménységét és hőmérsékletét is mérjük. Ezt a barlangi meteorológiai adatok mérésével együtt más berendezés végzi [8]. Az eredmények hidrológiai

értékeléséhez hosszú időre terjedő méréssorozat szükséges, mint ezt már többen és több ízben leszögeztük.

Teljesség kedvéért meg kell említenünk az érzékenység további fokozásának elvi lehetőségeit. Egyik mód a vízcseppek számolása lehet. Ez az elképzelhető érzékenység felső határát jelentené. A technikai nehézségeken felül két hibája volna. Egyik az, hogy cseppszámlálóval a csapadék és a bekérgeződések lefolyó víz nem mérhető. Másik az, hogy a cseppterfogatok ugyanazon cseppkőnél is változó értéket mutatnak (főként nagyobb hozamok esetén). Másik lehetőség a jelenlegi kis térfogatú gyűjtőedényhez hasonlóan vízmagasságot mérni (az ombrográf mintájára), természetesen elektromos úton. A cseppszámlálás érzékenysége így is elérhető, de a kellő finomságú szintmérő eljárások (kapacitív stb.) általában analóg jelek adnak, s a vezetékkel szemben nagy igényekkel kell fellépünk, vagy másodlagosan az analóg jelek digitálisra konvertálандók. Mindkét esetben jelentős költségnövekedéssel, és a nagy bonyolultsági fokból következő nagyobb üzemzavar-százalékkal kell számolni. Terveink között csepegésszámláló üzembe helyezése szerepel.

A berendezés elkészítését, dr. Papp Ferenc tanszékvezető egyetemi tanár és az ásvány- és földtani tanszék dolgozóinak messzemenő támogatásával, legnagyobb részét a tanszék Barlangkutató Csoportja végezte. A kiváló szivornyák Bucsek H. üvegtechnikus önzetlen munkáját dicsérik. Az érzékeny billenőszervezetet Misák L. szerkesztette, gyártását is ő vezeti. A regisztrálóberendezés gyártását Szigeti A. vezeti, a szerző konstrukciója alapján. A komplex mérőhálózatot a szerző szerkesztette. Hidrológiai irányító és szakértő Maucha László.

IRODALOM

- [1] Dr. Papp Ferenc: A karsztvizek mennyiségi és minőségi viszonyairól. A MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei VIII/1., 1953.
- [2] Jakucs László: A Békebarlang felfedezése. Művelt Nép kiadó. Bp., 1953.
- [3] Dr. Németh Endre: Hidrológia és hidrometria. (Egyetemi tankönyv). Tankönyvkiadó, Bp., 1954.
- [4] Holly F. — Maucha L.: Jelentés az aggteleki karszton végzett kutatásról. Kézirat, 1954.
- [5] Dr. Kessler Hubert: Beszivárgási százalék és a tartósan kitermelhető vízmenyiség megállapítása karsztvidéken. Vízügyi Közlemények, 1954., 2.
- [6] Dr. Kessler H.: Karsztvidékek lefolyására és beszivárgására vonatkozó újabb vizsgálatok. Beszámoló a VITUKI 1956. évi munkájáról.
- [7] Jakucs L.: A barlangi árvizekről Földrajzi Közlemények, 1956. 4. szám.
- [8] Gádoros M.: Elektromos távmérőberendezés a Vass Imre-barlang klimatológiai és hidrológiai viszonyainak vizsgálatára. Karszt- és Barlangkutató, 1960. évi II. évf. Bp., 1962.
- [9] Czajlik István: A Vass Imre-barlang részletes hidrológiai vizsgálatának újabb eredményei. Karszt- és Barlangkutató, 1961. évi III. évf. Bp., 1962.
- [10] Dr. Öllös Géza: A repedezett kőzetekben fellépő vízmozgás hidraulikai vizsgálata. Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, 1961/4.
- [11] Maucha László: Szivárgási vizsgálatok a Jósvalói Kutatóállomáson. Kézirat, 1962. (Beérkezett: 1963. szeptember 26. Szakmai lektor: dr. Géher Károly)