

EGYSZERŰ HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATOK KARSZTVIDÉKEN

Barlangkutató csoportjaink fokozódó technikai felkészültsége, az egyes csoportokon belüli nagyarányú szakosodás, és az a tény, hogy ma már egy-egy csoport éveken keresztül ugyanazzal a területtel foglalkozik, lehetővé teszi, hogy a speleológiának a hidrológiához közeleső területeivel is behatóbban foglalkozunk. A nyári kutatótábor alkalmával vagy terepbejárásokon naponta alig néhányperces munkával — tehát mellékesen, mintegy pihenésképpen — olyan értékes adatok birtokába juthatunk, amiből messzemenő következtetéseket vonhatunk le területünk karszthidrológiai viszonyaira vonatkozólag. A hidrológiai viszonyok ismerete rendkívül fontos a feltáró kutatások szempontjából is, hiszen a források adataiból, hozamuk ingadozásából a mögöttük levő forrásjáratok — barlangok — méreteire következtethetünk.

Beccsléssel beszerezhető adatok

Még a mérés nélküli megfigyelések is sokszor használhatónak bizonyulnak. Durva beccsléssel is megállapítható, ha egy forrás hozama egy-két napon belül hirtelen sokszorosára növekszik. Ha a megfigyelt vízhozam-növekedés előtt komolyabb esőzés volt a területen, vagy megindult a hóolvadás, a csapadék és az általa megnövelt forráshozam közti idő-különbségből következtethetünk a víznyelő (vagy víznyelők) és a forrás távolságára. Az összefüggésvizsgálatokkal észlelt földalatti áramlási sebességek (légvonalban a forrás és a víznyelő között) ugyanis 30—120 m/óra között mozognak. Bö csapadéku időszakban általában a kisebb értékek fordulnak elő. E sebesség szélső értékeinek a forrástól, mint középpontból meghúzható távolság-körével közrefoghatjuk azt a területet, amelyen belül víznyelőink vannak.

A helybeli lakosok, erdészek kikérdezése is sok hasznos adat birtokába juttathat. Meg tudják mondani, hogy a forrás vízhozama hirtelen ugrás-szerűen ingadozik-e, vagy csak lassan változik. (Az utóbbi esetben a forrás mögött csak szűk repedés-hálózatra számíthatunk.) Nagyobb vízhozamok után néhány nappal természetes sziklaszükületekben, út alatti átéreszekben, hidaknál megfigyelhető a víz által hordott úszadék lerakódása, a hidak ellenfalain a vízfelszín rajza — ezekből is következtetni lehet az árhullám magasságára és víztömegére. Az árhullám magasságának kirajzolódását barlangok belsejében is megfigyelhetjük.

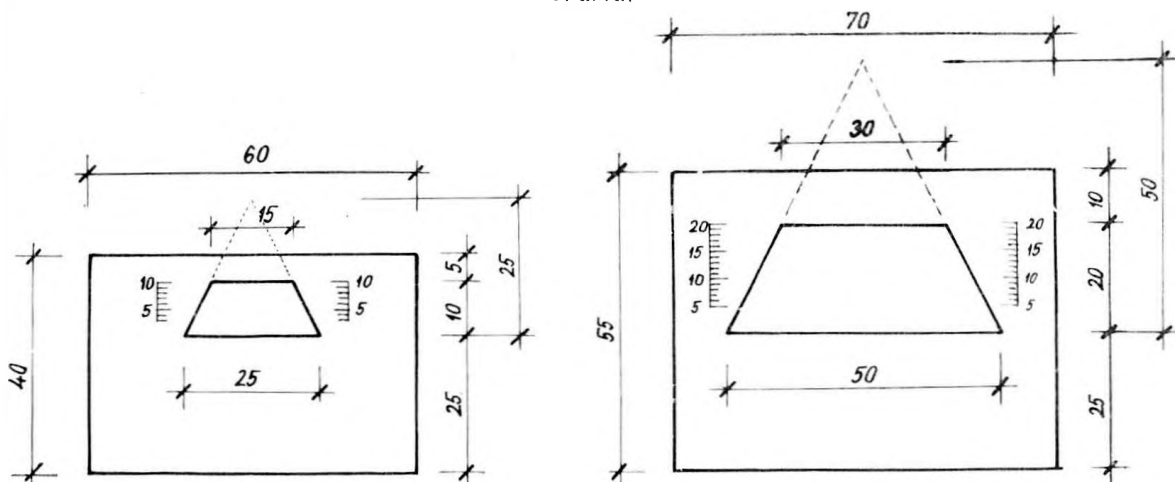
Egyszerű vízhozammérő eszközök

Számos más beccslési módszert találhatunk, azonban a számszerű adatok minden esetben többet mondanak, és — ami a legfontosabb — nem függenek annyira a vízhozam-adatot szolgáltató személy gyakorlottságától. Nem kívánjuk itt ismertetni az úszatással, illetve köbözéssel történő vízhozam-meghatározást sem, mert ez többé-kevésbé jól ismert kutatóink körében. Az alábbiakban néhány (a VITUKI forrásmérő csoportja által kidolgozott és használt) olyan eszközt ismertetünk, ami házilag könnyen előállítható, táborozások, terepbejárások alkalmával könnyen szállítható, kevés munkával beépíthető, és mindezek mellett pontos adatokat szolgáltat.

a) Trapézalakú mérőbukó

Ez a bukótípus készíthető el a legkönnyebben. Különösen árvízi hozamok meghatározására alkalmas. Nem annyira pontos, mint az alább ismertetett másik két mérőszelvény, de egyes karsztforrások árvízi hozamai annyival magasabbak az átlagosnál,

1. ábra.



hogy ezt a hozamot a megkívánt pontosságú, átlagos értékeket mérő berendezésekkel mérni nem lehet. Sokszor azonban az is kívánatos lenne, ha a megfigyelt források vízhozamát legalább 5–10% pontossággal ismernénk. Erre pedig ez az eszköz is kitűnően alkalmazható.

A felfelé keskenyedő trapézalakú bukó szárai a bukóéllal 63,5 fokos szöget zárnak be, amely egyszerűen előállítható, mert $\operatorname{tg} 63,5^\circ = 2$, tehát a háromszög magassága azonos a bukóél szélességével. Rajzban egy kisebb és egy nagyobb változatát mutatjuk be (1. ábra).

A vízhozam és a magasság összefüggése ennél a bukónál közel lineáris. Az M. V. Butürin által megállapított empirikus képlet szerint

$$Q = a \cdot H - b$$

ahol Q a vízhozam liter-másodpercben, H a bukóél feletti átbukási magasság cm-ben értendő. Ha a bukóél szélességét s_0 -val jelöljük, akkor a $H = 0,1 \cdot s_0$ és $H = 0,4 \cdot s_0$ mérési határok között a és b értékeit és a vízhozamokat az 1. táblázat tünteti fel.

A mérőbukó éleit célszerű deszkára erősített 4 mm-es keményalumíniumból készíteni, vagy pedig az alább ismertetett körszelvényű bukó mintájára, a bukónyílást nagyobb méretű fémlemezről kivágni. Tekintve, hogy a bukó leszívó-hatása gyakorlatilag elhanyagolható, az átbukási magasság leolvasása a lemez szélén alkalmazott mércén történhet. Az esetleg előforduló ferde beépítés miatt célszerű a bukónyílás mindkét oldalára mércét készíteni, és a számításnál a két mércé leolvasásának átlagát venni.

A beépítésnél arra kell vigyázni, hogy a bukóél vízszintes legyen, és hogy az elfolyó víz szintje alacsonyabban legyen, mint a bukóél. Ha a víz annyira duzzad, hogy eléri a felső vízszintes élt, akkor a bukót nagyobb méretűre kell kicserélni.

b) Hordozható körszelvényű mérőbukó

Ez az eszköz a nyomás alatti átfolyás elvén alapszik, könnyen kezelhető, a vízhozamokat mégis kb. 1%-os pontossággal méri.

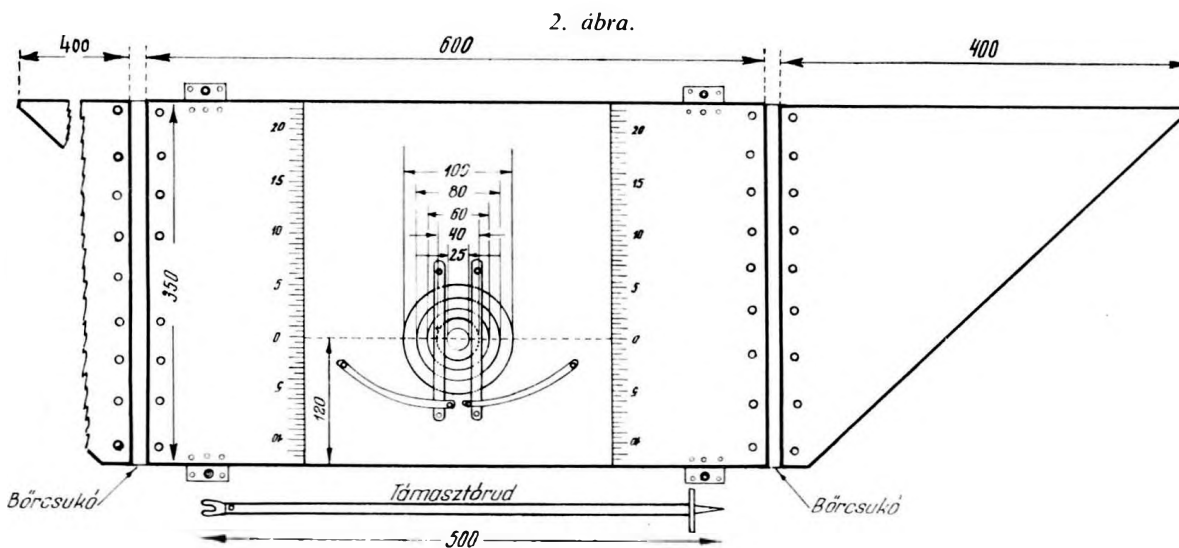
A berendezés méretezett rajzát a 2. ábra tünteti fel. A 4 mm-es keményalumíniumból készült három

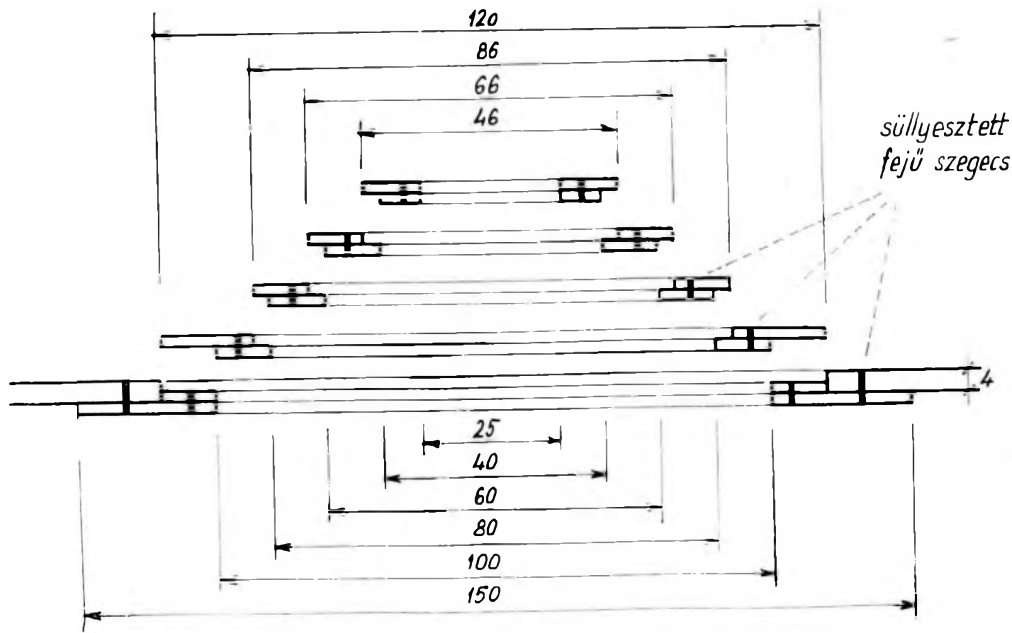
1. táblázat

BUTÜRIN-FÉLE TRAPÉZALAKÚ BUKÓ ADATAI

Bukóél szélessége (cm)	25	50
a	1,5	4,4
b	2,0	1,50
H (cm)	vízhozam liter/perc	
3	150	—
4	240	—
5	330	420
6	420	690
7	510	950
8	600	1210
9	690	1480
10	780	1740
11	—	2000
12	—	2270
13	—	2540
14	—	2800
15	—	3060
16	—	3330
17	—	3590
18	—	3850
19	—	4110
20	—	4380

lemez egymáshoz börcsuklóval csatlakozik. A középső lemezen egymáshoz peremesen illeszkedő karikákkal (hasonlóan a takaréktűzhely lapjának karikáihoz) 25, 40, 60, 80 és 100 mm belsőátmérőjű nyílásokat állíthatunk elő. Az egymásba illeszkedő karikákat célszerűen két-két darab 2 mm vastag kemény alumínium lemezből szegecselhetjük össze. (3. ábra.) A víz felőli oldalon két alumíniumkar szorítja le őket. A mérőlapot a meder szélességének





3. ábra.

megfelelően, behajtott vagy kinyitott oldalszárnyakkal nyomjuk a vízfolyásba, és agyaggal, vagy fűpárnákkal körülötmítjük. Erre a célra a berendezés vázsontokjában kis kéziásó szolgál. A víznyomás ellensúlyozása végett a mérőlap felső széléhez kapcsolható két, kis tányérokka ellátott támasztókarral kitámasztjuk a berendezést.

A beépítés után a víz csak a környíláson át folyhat. Figyeljünk arra, hogy a vízszögár átbukása szabad legyen, tehát a nyílás ne érjen le az alsó vízszintig.

A vízszint a felváz felőli oldalon a vízhozamtól és a nyílás átmérőjétől függően bizonyos magasságig fel fog duzzadni. Ha túl kis nyílást választottunk, akkor a víz a berendezés tetején át fog csapni, túl nagy nyílás esetében pedig nem fogja a nyílást kitölteni. Kis gyakorlattal már első kísérletre megtaláljuk a helyes átmérőjű nyílást. Ha a vízszint végül tíz percen át egy bizonyos magasságban megállapodott, akkor a magasságot a középső lapon bevésített két mércén leolvassuk, és a két leolvasás középértéke, valamint az alkalmazott nyílás átmérője alapján a 2. táblázatból megállapítjuk a mért vízhozamot liter/perc-ben.

A táblázat a Műszaki Egyetemen végzett hitelesítés alapján készült. A vízhozamot egyébként a

$$Q = \frac{\varphi \pi d^2}{4} \sqrt{2g} \sqrt{H}$$

képlet alapján számíthatjuk ki, amelyben a H magasság négyzetgyök alatti érték, tehát a leolvasásnál elkövetett hiba csak kismértékben jelentkezik. A φ kifolyási tényező a Q függvényeként változik, és a táblázatban közölt hozamoknál 0,65–0,73 értékű.

2. táblázat

A KÖRSZELVÉNYŰ MÉRŐBUKÓ VÍZHOZAMADATAI

H (cm)	25 Ø	40 Ø	60 Ø	80 Ø	100 Ø
	Vízhozam liter/perc				
3	17	40	—	—	—
4	19	48	99	—	—
5	21	54	114	185	—
6	23	60	127	207	318
7	25	64	138	225	348
8	27	68	150	242	375
9	28	72	159	258	402
10	29	77	168	274	425
11	31	81	177	289	446
12	32	84	186	304	466
13	34	87	194	318	483
14	35	90	202	332	500
15	36	94	209	344	517
16	37	97	216	355	534
17	38	100	223	366	549
18	40	102	229	377	563
19	41	103	235	387	576
20	42	105	241	396	589
21	43	107	247	404	602
22	44	108	252	412	615

c) Hiperbólikus szelvényű bukó

Ha több éven keresztül módunkban van megfigyelés alatt tartani forrásokat, akkor érdemes betonszelvénybe hiperbólikus bukó beépíteni. A szabályszerűen kiképzett betonszelvény méreteit a 4. ábra tünteti fel. Vigyázzunk arra, hogy a műtárgy a fagyhatár alá (legalább 1 m mélyre, vagy a szál-

közetre) legyen alapozva, különben utólag könnyen meghiúsodik. Az alapozás alá nyúló, vízfolyás-irányra merőleges „fogak” megnehezítik a műtárgy alatt átszivárgó víz útját. A csatorna belső falai legyenek párhuzamosak és simára eldolgozottak. A bukólemez acélból készített horonyba csúsztatható.

A hiperbolikus bukó lényegesen pontosabban mér, mint a trapézszelvényű, és a vele mérhető vízhozam-szélsőértékek lényegesen tágabbak, mint a kör-szelvényű bukónál.

A hiperbolikus (vagy lineáris) bukó széleit az

$$x(\text{cm}) = \frac{a}{z(\text{cm})}$$

képlet határozza meg, ahol „ x ” a bukó tengelyvonalától jobbra-balra „ z ” magasságban mért távolság.

A vízhozamot megadó

$$Q = a \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot H$$

képlet szerint a H átbukási magasság és a Q vízhozam lineáris kapcsolatú. Az állandókat összevonva

$$Q(\text{liter/perc}) = 4,31 \cdot a \cdot H(\text{cm})$$

A bukónyílást jellemző hiperbola a paraméterének értékét a legnagyobb várható Q_{max} vízhozam és a megengedhető H_{max} átbukási magasság alapján

$$a = \frac{Q_{max}}{4,31 \cdot H_{max}} (\text{cm})$$

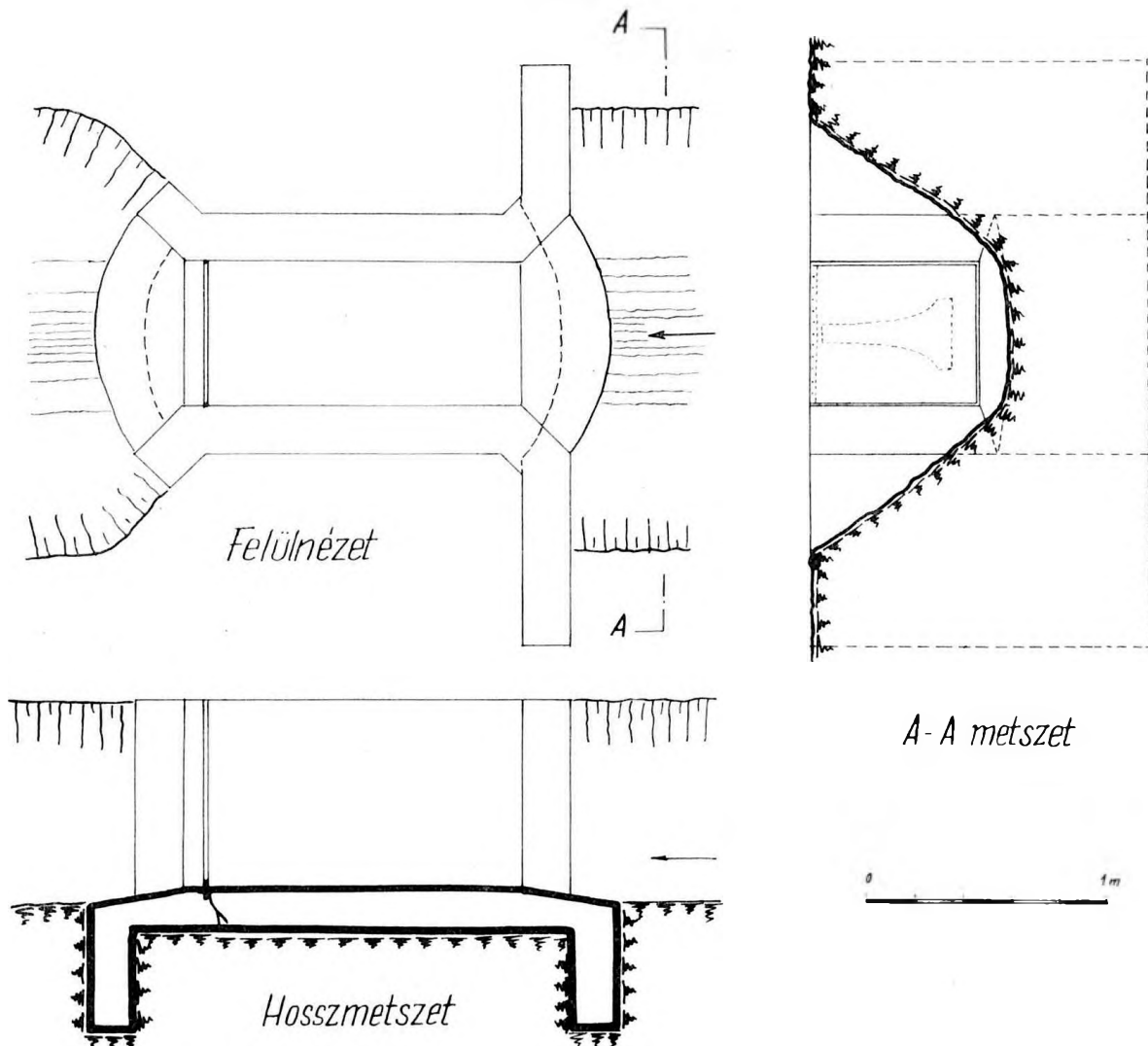
képlettel számolhatjuk.

A bukóélnak elméletileg a végtelenben kellene a hiperbola száraihoz simulnia. Ehelyett a bukóél szélen függőleges elhatárolást kell alkalmazni. A bukóél célzerű az elhatárolás fél magasságával lejjebb helyezni. Emiatt a vízhozam nem lesz teljesen lineáris függvénye az átbukási magasságnak.

A VITUKI a gyakorlati követelményeknek megfelelően két lineáris bukótípust dolgozott ki és hitelesített. A kis (I.) típus 2370, a nagy (III.) típus 10 000 liter/perc felső méréshatárig alkalmazható.

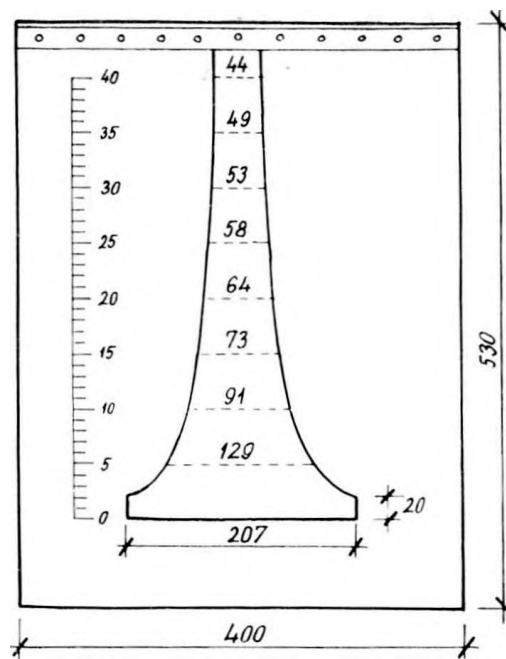
Az I. típus rajzát az 5. ábrán, a III. típus rajzát pedig a 6. ábrán mellékeljük. A vízhozamokat a bukóél feletti duzzasztási magasság függvényében a 3., ill. a 4. táblázatok tartalmazzák.

4. ábra.



3. táblázat
KIS TÍPUSU (I) LINEÁRIS BUKÓ
VÍZHOZAMTÁBLÁZATA

Átbukási magasság <i>H</i> (cm)	<i>Q</i> liter/perc	Átbukási magasság <i>H</i> (cm)	<i>Q</i> liter/perc
2	42	22	1290
3	102	23	1350
4	168	24	1410
5	234	25	1470
6	294	26	1530
7	354	27	1590
8	420	28	1650
9	483	29	1710
10	546	30	1770
11	606	31	1830
12	671	32	1890
13	732	33	1950
14	797	34	2010
15	857	35	2070
16	921	36	2130
17	984	37	2190
18	1050	38	2250
19	1110	39	2310
20	1170	40	2370
21	1230		

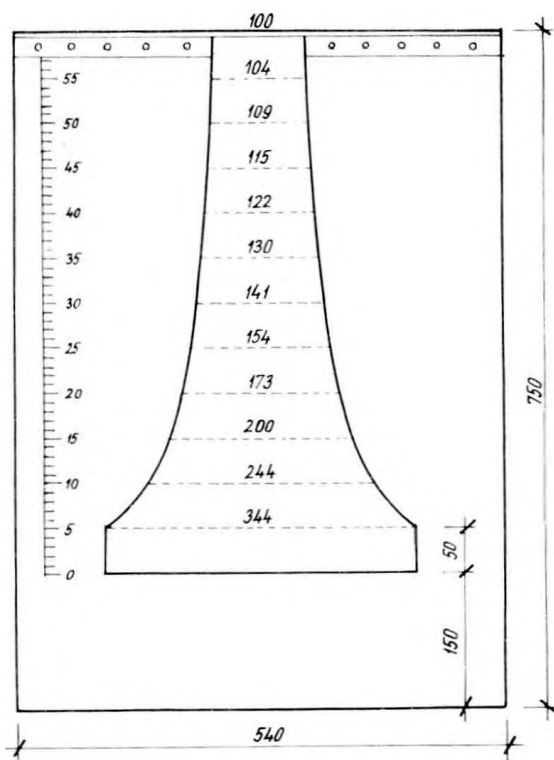


5. ábra.

4. táblázat
NAGY TÍPUSÚ (III) LINEÁRIS BUKÓ
VÍZHOZAMTÁBLÁZATA

Átbukási magasság (cm)	<i>Q</i> liter/perc	Átbukási magasság (cm)	<i>Q</i> liter/perc
1	30	31	4848
2	90	32	5024
3	175	33	5200
4	278	34	5376
5	408	35	5560
6	569	36	5736
7	727	37	5912
8	884	38	6090
9	1067	39	6264
10	1200	40	6439
11	1350	41	6612
12	1506	42	6792
13	1656	43	6972
14	1830	44	7132
15	2006	45	7332
16	2178	46	7512
17	2360	47	7692
18	2533	48	7866
19	2709	49	8046
20	2884	50	8120
21	3066	51	8400
22	3245	52	8574
23	3421	53	8754
24	3600	54	8928
25	3786	55	9108
26	3960	56	9288
27	4134	57	9462
28	4314	58	9642
29	4491	59	9816
30	4669	60	9996

6. ábra.



Hőmérsékletmérések

A források hőmérséklete is ingadozik, ezért a hozammérésekkel egyidőben célszerű minden esetben hőmérsékletmérést is végezni. Ha van rá mód használjunk 0—30 °C értékhatárok között működő, tizedfokos beosztású hőmérőt, hogy a finomabb hőmérséklet-ingadozásokat is figyelemmel kísérhessük. Lehetőleg a leolvasás idejében is tartsuk a hőmérő higanyfejét a víz alatt. A levegő eltérő hőmérsékletének és a párolgás hatására ugyanis 1—2 másodperc alatt több tized fokos eltérés jöhet létre. Ne felejtjük el azt sem, hogy a pontosabb hőmérők beállási ideje 2—3 perc.

A vízhőmérséklettel egyidőben mért levegőhőmérséklet értékes támpontot nyújt arra vonatkozólag, hogy mennyire függvénye a földalatti vizek hőmérséklete a felszíni hőmérsékletnek. Hőmérsékletmérésekkel állapíthatjuk meg azt is, hogy pl. hóolvadás idején a forrás közvetlen környezetében olvadó hó a humusztakarón keresztül a forrás medencéjébe szivároghva milyen arányban keveredik az eredeti forrásvízzel, vagyis mennyivel növeli meg a forrás vízhozamát a közvetlen környékről beszivárgó felszíni víz.

A források megbízhatósági osztályozása

Hosszabb időszakból származó mérési adatok birtokában megállapíthatjuk, hogy milyen mértékben ingadozik megfigyelt forrásaink vízhozama és hőmérséklete. A változás mértékének kifejezésére jól használható a VITUKI-ban kidolgozott megbízhatósági osztályozás. Ez az osztályozás eredetileg a forrás vizellátási célokra való hasznosíthatóságának jellemzésére készült, azonban belőle a gyakorlati szpelleológia számára is értékes következtetéseket vonhatunk le.

Nyilvánvaló, hogy minél nagyobbak a forrásjáratok, azaz minél kisebb a keresztmetszet fékező hatása, annál gyorsabban folyhat a vízgyűjtőterületen beszivárgott csapadék a forrásig, és annál közvetlenebbül érvényesül a csapadék hatása a forráshozamánál. Ilyen esetben a hozamingadozás tehát nagyobb, mint szűk keresztmetszetű járatokkal bíró forrásoknál.

Hasonlóan magyarázhatók a hozamingadozásokkal egyidejűleg észlelhető hőmérsékletingadozások is. A forrásjáratokban gyorsan végigfolyó víznek nincs ideje a közet hőmérsékletét felvenni, a viszonylagos érintkezési felület is kisebb, mint a szűk forrásjáratoknál. A hőmérsékletingadozásokkal kapcsolatban azonban figyelembe kell venni, hogy a közet hőmérséklete nagyjából azonos az átlagos évi középhőmérséklettel. Olyan időszakban tehát, amikor a csapadék hőmérséklete ezt megközelíti, az egyébként nagy ingadozású forrásoknál sem jelentkeznek nagy hőmérsékleti ingadozások.

A VITUKI mérési eredményei alapján kitűnt, hogy a források vegyi összetétele, illetve a vízellenállás ezzel kapcsolatos ingadozása szintén együttjár a vízhozam és a hőmérséklet ingadozásával. Ennek alapján is jellemezhető a forrás, de a fenti két adat is elég ahhoz, hogy hidrológiai szempontból az osztályozást elkészítsük.

A megbízhatósági index a vízhozam és a hőmérséklet (illetve az elektromos ellenállás) szélsőértékeiből képezett ingadozási arányok függvénye. A gyakorlat által kialakított értékeket az 5. táblázat tünteti fel.

A feltáró-kutatás szempontjából bennünket természetesen az alacsony osztályzatú, „megbízhatatlan” források érdekelnek.

A megbízhatósági index megállapításához minél több és hosszabb időn át végzett mérés szükséges. Mit csináljunk azonban, ha olyan forrásokról akarjuk megtudni: remélhető-e mögöttük tágasabb járat vagy sem, melyeknél hosszabb mérési idősorok nem állnak rendelkezésre?

Ez esetben a megbízhatóságot más módon is megállapíthatjuk, de persze nem annyira megnyugtatóan, mint a hosszú mérési idősorokkal.

A tapasztalatok alapján általános elvként megállapítható, hogy az erózióbázis felett magasabban fakadó források általában megbízhatatlanabbak, mint az alacsonyan fakadók. Utóbbiaknak nagyobb az érhálózatuk és a kiegyenlítődést biztosító tartalék-terük, jobbak a szűrési lehetőségek. (Gondoljunk itt arra, hogy többszintes barlangoknál az alsóbarlanghoz tartozó forrás általában folyamatosan működik, míg a főjárathoz tartozó árvízi forrás-

5. táblázat

A FORRÁSOK MEGBÍZHATÓSÁGI INDEXE

Vízhozam	Hőmérséklet	Elektr. ellr. állás	Megbízhatósági index
ingadozási arány			
Q/Q max/min	t/t max/min	R/R max/min	Q, t, R
1,0 — 3,0	1,00—1,15	1,00—1,05	6 (kitünő)
3,1 — 5,0	1,16—1,25	1,06—1,10	5 (igen jó)
5,1 — 10,0	1,26—1,35	1,11—1,15	4 (jó)
10,1 — 20,1	1,36—1,45	1,16—1,25	3 (mérsékelt)
20,1 — 100,0	1,46—1,55	1,26—1,35	2 (rossz)
> 100	> 1,55	> 1,35	1 (igen rossz)

száj csak időnként ad vizet, tehát ingadozási aránya végtelen, megbízhatósága pedig: 1.)

Jól megállapítható több forrás relatív megbízhatósága — hosszabb mérési idősor híján — a kémiai elemzési adatokból. A források megbízhatóságát ugyanis erősen befolyásolják a geológiai adottságok, vagyis a forrásjáratokat magukban foglaló kőzetek. Mészköben könnyebben alakul ki tág, barlangszerű járat, mint dolomitban. Dolomitban is találhatunk bőhozamú karsztforrásokat, de a kőzet finom-repedéses szerkezete miatt ezeknél sohasem tapasztalhatunk olyan ingadozást, mint a mészkőből származó forrásoknál. Itt nem az a kőzet számít, amiből a forrás kilép, hanem az, amelyben a hegy belsejében a járatok képződtek. A felszínen általában nem állapítható meg, hogy a járatok mészkőben, dolomitban, vagy a kettőnek valamilyen átmeneti kőzetében alakultak-e ki. Ez esetben jó támpontot nyújt a víz elemzésével kimutatható kalcium és magnéziumtartalom aránya.

Az ilyen összehasonlításoknál azonban vigyáznunk kell arra, hogy a vízmintákat lehetőleg azonos napon vegyük, hogy a hozamviszonyok változása ne befolyásolja a kémiai adatok összehasonlíthatóságát.

Példaként közöljük az öt legnagyobb jósvafői forrás szélső mért adatait, az azokból képzett megbízhatósági indexeket, valamint a kalcium-magnézium arányt. E forrásoknál több éven át végzett vizsgálatokkal nagyszerűen beigazolódott a források hidrológiai tényezőinek párhuzamossága (6. táblázat).

Az első három forrás mögött tudvalevően nagyméretű feltárt barlangok vannak, viszont a Szabókút és a Babotkút nincsenek járható barlangokkal kapcsolatban és ilyenek létezése speleológiai megfontolások alapján sem valószínűsíthető.

Mielőtt egy nagyobb terület karsztkutatásához hozzákezdene, célszerű tehát egy kis figyelmet a forrásokra fordítani. Sok időt és felesleges fáradságot takaríthatunk meg vele.

6. táblázat

Jósvafői források megbízhatósági indexe és Ca—Mg aránya

Forrás neve	IQ	iQ	Ii	iI	IR	iR	Összesített index	Ca—Mg arány
Komlós	400	1	2,0	1	3,36	1	1	50,51
Jósva	250	1	2,29	1	3,10	1	1	6,35
Tohonya	33,4	2	1,24	5	1,48	1	2,67	2,95
Szabókút	11,3	3	1,18	5	1,08	5	4,33	2,72
Babotkút	4,0	5	1,10	6	1,15	4	5,0	1,95

I = ingadozási arány (maximum és minimum hányadosa).

i = megbízhatósági index.

Einfache Hydrologische Untersuchungen in Karstgebieten

von I. Sárváry

Der Artikel beschreibt die im Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft erarbeiteten tragbaren, bzw. stationären, einfachen Wasserschüttungsmessgeräte und ihren Gebrauch. Verfasser betont die Wichtigkeit der Schüttungs- und Temperaturmessungen für die Ermittlung der hydrologischen Verhältnisse der Karstgebiete. Die Klassifikation der Quellen nach ihrer Zuverlässigkeit wird ebenfalls erörtert. Mit ihrer Hilfe lassen sich Schlüsse auf die jeweilige Existenz der den Karstquellen zugehörigen Höhlen ziehen. Es wird darauf hingewiesen, dass auch aus dem Verhältnis des im Wasser der Quellen nachweisbaren Kalziumgehaltes zum Magnesiumgehalt ähnliche Schlüsse gezogen werden können.

Простые гидрологические измерения в карстовых районах

И. Шарвару

В статье описываются переносные или стационарные, простые приборы, разработанные в Научно-Исследовательском институте водного хозяйства, для измерения дебита и даются инструкции по пользованию ими. Подчеркивается значение измерения дебита и температуры с точки зрения познания гидрологического режима карстового района. Кроме этого, автор статьи останавливается на характеристике классификации родников по их надежности. Благодаря такой, классификации можно судить о наличии пещер-принадлежащих к карстовым родникам. Он указывает на то, что аналогичные выводы можно делать на основании соотношения выявляемого в воде родников содержания кальция к содержанию магния, а также и по другим данным.