

**A BARADLA–DOMICA-BARLANGRENDSZER HIDROLÓGIAI
KUTATÁSÁNAK EREDMÉNYEI**

**SUMMARY OF THE HYDROLOGICAL RESEARCH OF THE BA-
RADLA–DOMICA CAVE SYSTEM**

GRUBER PÉTER

Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, 3758 Jósvafő, Tengerszem oldal 1.
E-mail: gruber.anpi@gmail.com

Abstract: This paper analyses the hydrological features of Baradla Cave. Together with the Slovakian caves the Baradla-Domica cave system is a UNESCO world heritage site and the preservation of karst water, as a drinking water reservoir is a very important task. First of all, the water balance (precipitation, infiltration water, seepage water and evapotranspiration water) of the catchment area was defined. Secondly, the changes in different physicochemical parameters (water temperature, pH, electric conductivity, dissolved oxygen content, redox potential and nitrate concentration) of karst water were defined by using fixed and mobile monitoring sites during a rapid and slow melting of snow. The quality (chemical parameters) of dripping water was also examined during these periods. We found that the extreme water level fluctuations imply changes in water quality parameters that affect drinking water quality. Further monitoring would be particularly important since it provides an opportunity to understand the changes in trends and thus the future development of a more accurate protection strategy for the catchment area.

1. Bevezetés

A mára már több mint 26 km összhosszúságú Baradla–Domica-barlangrendszer az Aggteleki- és a Szlovák-karszt barlangjaival együtt a Világörökség részét képezik. A barlangrendszer Magyarország és Szlovákia határvidékén helyezkedik el, a Gömör–Tornai-karszt D-i részén. A felszín alatti vízhálózat és a legtöbb barlang a fennsíkokat felépítő Szilicei-takaró középső- és felsőtriász mészköveiben alakult ki. A barlang hidrogeográfiai vizsgálata a lakosság vízellátása szempontjából igen fontos. A tanulmány az 1980-as évektől megkezdett, 2000-től folyamatos vízkémiai monitoring adatai alapján vizsgálja az utóbbi évek felszínről befolyó vizeinek és a beszivárgásból származó csepegő vizeknek változásait.

2. Anyag és módszer

A barlangrendszer hidrológiai alapmodellje, amelyet korábbi szakirodalom és mérések (SÁSDI 1992, MAUCHA et al. 1998, GRUBER 2004, 2006,

GRUBER et al. 2012, 2014), illetve és saját mérések és nyomjelzések alapján elkészítettünk, képezte a terepi és térinformatikai adatfeldolgozás alapját. A befolyó vizek elemzése YSI multiparaméteres vízminőség monitoring rendszer felhasználásával készült, amely a következő paramétereket mérte (zárójelben a mérési hibahatárok kerültek feltüntetésre): hőmérséklet ($\pm 0,01^\circ\text{C}$), pH ($\pm 0,1$), oldott oxigén tartalom ($\pm 1\%$), vezetőképesség ($\pm 0,001 \text{ mS/cm}$), redox potenciál ($\pm 20 \text{ mV}$), nitrát koncentráció ($\pm 0,1 \text{ mg/L}$). A beszivárgó vizek elemzése során fél liter gyűjtött csepegő vizet használtunk fel, amit szintén a fenti monitoring rendszer segítségével elemeztünk. A kapott adatok kiértékelését térinformatikai eszközökkel végeztük.

3. A Baradla–Domica-barlangrendszer hidrogeológiai váza

A Sajó felől hátravágódó vízfolyások völgyfői hátravágódásuk során minden irányból megközelítették a karszt peremét, de sehol sem érik el azt. A karsztos vonulattól É-on pár száz méterre, DK-en pedig 1-2 km távolságra átlagosan 300–400 m magas, kavicsos fedett vízválasztó hát emelkedik. A vízválasztó hát lapos tetőiről részben Ny felé, a Sajó-völgybe torkolló völgyek irányába folynak le a vizek, másrészt a karszt pereme felé tartanak, ahol a karsztperemi víznyelőkben elnyelődnek.

A hosszúsói peremi polje víznyelői és a Béke-barlang Nagy-völgyi víznyelője közt minden felszíni vízfolyás víznyelőbe torkollik és a karszt járatrendszerén keresztül folyik el. Az Aggteleki-fennsík tetői alatt a Baradla-Domica bűvópatak-rendszere vezeti le a vizeket a Jósva-forrás felé. A forrás legtávolabbi víznyelője, az Ördög-lyuk 343 m tszf. magasságban található. A Szilicei-fennsík D-i pereméről induló időszakos vízfolyás az Aggteleki-fennsík mészkőásványánál nyíló tágas víznyelőben tűnik el. Itt kezdi földalatti útját a Domica főfolyosóját kialakító Styx-patak, amely további útja során a karsztperem többi víznyelője felől érkező vizekkel gyarapodik.

A Domica közvetlen környezetében állandó felszíni vízfolyás azonban nem található. A barlanghoz legközelebb eső ilyen állandó vízfolyás a Kecő-patak. Vize a Kecő melletti karsztforrásokból ered. A patak azonban nem a Domica-barlang irányába folyik, hanem a Kecő-völgyön keresztül kanyarogva a magyar határ irányába tart. Felvesz néhány autochton mellékfolyást, és Jósvafő mellett a Jósva-patakba ömlik. A Kecő-patak vizének egy része azonban elnyelődik a mederben és a föld alatt folytatja útját. A 2006-ban elvégzett víznyomjelzéses vizsgálat bebizonyította az itt elnyelődő vizek és a Jósva-forrás (Hosszú–Alsó-barlangon keresztüli) összefüggését (HAVIAROVÁ–GRUBER 2006). A patak egész vízgyűjtő területe ezzel köz-

vetett úton rákapcsolódik a Baradla szélesebb értelemben vett vízgyűjtőjére. Ebből kifolyólag a Baradla vízgyűjtő területébe a Milada-barlang, ill. az egész borzova-kecsői felszín alatti vízrendszer is beletartozik, mivel a Kecői-források vize innen származik (1. ábra).



Ω 1. ● 2. ● 3. ● 4. ● 5.

1. ábra: A Baradla–Domica-barlangrendszer vízgyűjtő területe
 Jelmagyarázat: 1. barlang, 2. víznyelő, 3. forrás, 4. katavotra, 5. tó
 Fig 1: The catchment area of Baradla Domica cavesystem
 Legend: 1. cave, 2. sinkhole, 3. spring, 4. estavelle, 5. lake

A felszíni és a barlangi víznyelők és a Jósva-forrás összefüggés vizsgálatát nagyon sokan vizsgálták (SÁSDI – SZILÁGYI 1986, SÁSDI – SZILÁGYI 1993, GRUBER – GAÁL 2014), eredményeiket az I. táblázat foglalja össze.

1. Táblázat:
Table 1

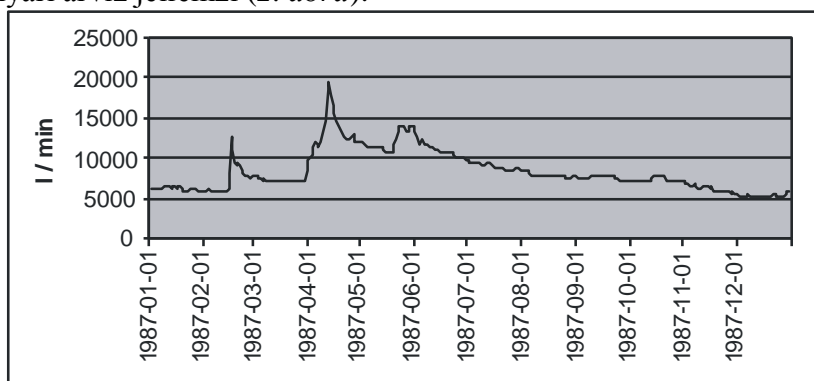
A víznyomjelzéses vizsgálatok eredményei
The results of tracing tests

Időpontja	Név	Nyomjelzés helye	Megjelenés helye	Távolság légvonalban [m]	Átfutási idő [óra]	Áramlási sebesség [m/h]
1932	Kessler H.	Domica	Styx-patak Baradla	1500	-	-
1936	Kessler H.	Bábalyuk-víznyelő	-	3750	-	-
1936	Kessler H.	Óriás-termi-víznyelő	Jósva-forrás	470	-	-
1951	Jakucs L.	Vaskapu-víznyelő	Jósva-forrás	2260	-	-
1953	Jakucs L.	Farkaslyuk	Jósva-forrás	80	-	-
1957	Jakucs L.	Rövid-Alsó-barlang	Jósva-forrás (Tárho-forrás)	110	-	-
1960	Kessler H.	Bábalyuk-víznyelő	Jósva-forrás	3750	600	6,25
1969	ÉPSU SE	Vaskapu-víznyelő	Jósva-forrás	2260	-	-
1970	ÉPSU SE	Kis-Baradla-víznyelő	Viasz utca	800	24	33,3
1970	ÉPSU SE	Zomborlyuk	-	-	-	-
1970	Szenthe I.	Négerkuhnyó-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	1360	29	47
1970	Szenthe I.	Sárkányfej-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	810	87	9,3
1970	Szenthe I.	Óriás-termi-víznyelő	Jósva-forrás (Tárho-forrás)	470	28	16
1971	Dénes Gy.	Nászagy-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	1380	30	46
1975	Baradla Csoport	Nehéz út II. sz. víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2730	88	31
1975	Baradla Csoport	Dancza-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	3140	136	23
1976	Baradla Csoport	Vaskapu-víznyelő	Jósva-forrás	2260	288	8
1977	Baradla Csoport	Vaskapu-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2260	42	54
1977	Baradla Csoport	Minerva-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	1430	25	57
1977	Baradla Csoport	Minerva-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	1430	34	42
1977	Baradla Csoport	Bábalyuk-	Jósva-forrás	3750	312	12

	port	víznyelő	(Medence- és Csó-forrás)			
1978	Baradla Csoport	Óriás-termi-víznyelő	Jósva-forrás (Tárho-forrás)	470	2	235
1978	Baradla Csoport	Acheron-víznyelő	Acheron-patak	100	0,5	200
1978	Baradla Csoport	Nehéz út III. sz. víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2670	67	40
Időpontja	Név	Nyomjelzés helye	Megjelenés helye	Távolság légvonalban [m]	Átfutási idő [óra]	Áramlási sebesség [m/h]
1978	Baradla Csoport	Kis-Baradla-víznyelő	Styx-patak	100	2	200
1980	Baradla Csoport	Óriás-termi-víznyelő	Jósva-forrás (Tárho-forrás)	470	12	39
1981	Dénes Gy.	Zomborlyuk	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2750	136	20
1984	Baradla Csoport	Vaskapu-víznyelő	Jósva-forrás	2260	91	25
1986	MTA Izotóp Intézet	Minerva-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	1430	92	155
1986	MTA Izotóp Intézet	Nehéz út II. sz. víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2730	-	-
1987	Baradla Csoport	Zomborlyuk	Vörös-oldalág (Retek-ág)	600	2	300
1987	Baradla Csoport	Kecső-patak medernyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	3040	160	19
1987	Baradla Csoport	Kastélykút	-	-	-	-
1988	Salamon G.	Farkaslyuk	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	80	2	40
2000	Gruber P.	Vörös-tői víznyelő	Vörös-tó	50	-	-
2001	Gruber P.	Mész-völgyi-víznyelő	Szultánpamlaga	150	12	12,5
2005	Gruber P.	Bábalyuk-víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	3750	40	93,75
2005	Gruber P.	Domica Styx-ág medernyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	4650	63	73,8
2005	Gruber P.	Nehéz út II. sz. víznyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	2760	44	62,72
2006	Gruber P. D. Haviarová	Kecső-patak medernyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	3040	35	86,8
2009	Gruber P. D. Haviarová	Kecső-patak medernyelő	Jósva-forrás (Medence- és Csó-forrás)	3040	886	3,4

4. A Jósva-forrás hidrológiai jellemzői

A Jósva-forrás források csoport, három forrás vize jut egymás szomszédságában a felszínre. A legnagyobb hozamú a Medence-forrás, a legkisebb a Cső-forrás (a Hosszú–Alsó-barlang vize). Itt található a szélsőséges vízhozamú Táró-forrás (a Rövid–Alsó-barlang forrása). Ezek típusos sekélykarszt források, melyek vize csapadékból pótlódik. Víz tároló képessége kicsi, a víz az üregeken keresztül rövid úton a felszínre jut. A források vízminősége és hozama szélsőségesen ingadozó, a csapadéktól függően, csapadék késleltetése kicsi. A források csoport éves vízjárását a télvégi, kora tavaszi, tavaszi és kora nyári árvíz jellemzi (2. ábra).



2. ábra: A Jósva-forrás vízhozama 1987 (VITUKI)
Fig. 2: The changes of discharge in 1987 (VITUKI)

A szélsőséges vízjárás miatt a forrás vízkémiai összetétele is szélsőségesen ingadozik (II. táblázat).

II. Táblázat
Table II

A Jósva-forrás vízkémiai paramétereinek változása 2000-2001 között
Physicochemical parameters of Jósva Springs between 2000 and 2001

Date	T [°C]	pH	Ca [mg/L]	Mg [mg/L]	Fe [mg/L]	Mn [mg/L]	NH ₄ [mg/L]	HCO ₃ [mg/L]	NO ₃ [mg/L]	NO ₂ [mg/L]
2000.04.04	10.6	7.21	110	8.7	0.04	0.02	0.31	366	4.8	0.01
2000.06.15	11.7	7.7	129	11.2	0.04	0.02	0.07	409	7.5	0.01
2000.08.09	12.1	7.96	133	7.6	0.38	0.36	0.01	412	4.8	0.01
2000.10.02	14.1	7.22	108	11	0.04	0.02	0.02	354	11.1	0.01
2000.12.13	13.2	7.82	99.4	12.6	0.05	0.02	0.11	343	11.2	0.01
2001.02.05	11.7	7.47	116	7.2	0.04	0	0.01	357	8.4	0.01
2001.04.17	12.2	7.29	124	7.7	0.06	0	0	372	7.9	0.01
2001.06.11	13.7	7.6	113	15.2	0	0	0.17	366	10.3	0.01
2001.08.06	13.1	7.62	103	18.1	0	0	0.15	378	11.4	0.01
2001.10.04	14.3	7.29	106	16.5	0.12	0.29	0.32	357	12.1	0.02
2001.12.10	12.5	7.7	105	10.4	0.11	0.07	0.04	354	14.1	0

4.1. A Baradla-barlang vízgyűjtőjének vízmérlege

A Baradla-barlang vízgyűjtőjén és annak közelében négy csapadékmérő állomás működött a fent megjelölt időszakban: Aggteleken, az aggteleki Bagolyvágásban, a Nagy-völgyben és a jósvafői kutatóházban. A második és a harmadik állomás havi összegző, az első és a negyedik napi mérésű volt. A fenti csapadékmérő állomások 10 évi (1976-85) átlagos értékeit a *III. táblázat* tartalmazza.

III. táblázat
Table III.

A Baradla-barlang vízgyűjtőjének 10 éves csapadékmérlege (1976-85)
Average annual precipitation on the catchment area of Baradla Cave for 10 years (1976-85)

Csapadékmérő állomás	Mérési gyakoriság	Sokévi átlagos csapadék-összeg [mm]
Aggtelek	naponként	701
Bagolyvágás	havonként	631
Nagy-völgy	havonként	578
Jósvafő	naponként	657
Összesített átlag		641,75

A Jósva-forrás tulajdonképpen egy forráscsoport, ahol három forrás fakad. A források mellett kb. négy szökevény forrás is található. A táróból kifolyó víz a Baradla Rövid-Alsó-barlangjának forrása, a mellette lévő medencében fakadó víz és a csőből kifolyó víz pedig a Hosszú-Alsó-barlang forrása. A Baradla-barlangban eltűnő vizekre már VASS (1831) felhívta a figyelmet, és ezzel ő feltételezte elsőként egy mélyebb szintű járatrendszer létét. A nyomjelzéses vizsgálatok kimutatták, hogy a Főág alatt két, egymástól hidrológiai szempontból független barlangrendszer húzódik: a Rövid- és a Hosszú-Alsó-barlang (SÁSDI – SZILÁGYI 1986, SÁSDI – SZILÁGYI 1993, GRUBER – GAÁL 2014). Az előbbi vizét a résrendszeren átszivárgó víz mellett a két utolsó barlangi víznyelőből (Sárkányfej, Óriások terme) kapja és az ún. Táró-forráson keresztül lép a felszínre. Átlagos hozama 300 l/perc, de árvíz esetén a becslések szerint elérheti az 1 millió litert is! A Hosszú-Alsó-barlang járatai az Aggtelek község határában nyíló Bábalyuk-víznyelőtől indulnak és a Medence-forrásnál végződnek. Vizük itt két ponton jut a felszínre (Medence- és Cső-forrás) együttes hozamuk 10 000 l/perc, míg árvíznél akár 200 000 litert is felszínre juttatnak. A szinte egy pontból fakadó források mérését nem tudták külön megoldani, így egyben mérték a teljes hozamot.

A sokévi átlagos forráshozam értéke(VITUKI 1950-2000 között)
The multi-annual discharge of Jósva springs (VITUKI between 1950-2000)

Forrás neve	Sokévi átlagos vízhozam [m ³ /d]
Jósva-forrás	14364

A sokévi átlagos forráshozam összegét (\bar{Q}) úgy határoztuk meg, hogy a sokévi átlagos vízhozam napra vonatkozó összegét átszámítottuk éves értékre, vagyis megszoroztuk 365-el:

$$\bar{Q} = 14.364 \times 365 = 5.242.860 \text{ [m}^3\text{]}$$

A sokévi átlagos csapadékösszeg értékét (\bar{C}) megszorozzuk a vízgyűjtő terület m²-ben megadott felületével, hogy m³-ben kapjuk meg a vízgyűjtőre hullott sokévi átlagos csapadékmennyiséget. A már korábban meghatározott karsztos és nem karsztos vízgyűjtők együttes, azaz a Jósva-forrás teljes vízgyűjtő terület kiterjedése 29,83 km², amely részben tartalmazza a Kecső-Milada rendszer irányából érkező és elnyelődő vizeket, de mivel nem tudjuk az elnyelődő víz pontos mennyiségét, ezért néhány %-os bizonytalanságot tartalmaz. A vízgyűjtő terület m²-ben kifejezett értéke tehát 29.830.000 m². Ennek szorzata a m-ben megadott csapadék összeggel (0,642 m) megadja a vízgyűjtő területre esett csapadék sokéves átlagos értékét m³-ben, azaz

$$\bar{C} = 29.830.000 \times 0,642 = 19.150.860 \text{ [m}^3\text{]}$$

A sokévi átlagos beszivárgás (\bar{B}) értéke a fentiek figyelembevételével az alábbi:

$$\bar{B} = \frac{14.364 \times 365}{0,642 \times 29.830.000} \times 100 = 27,37 \approx 27\%$$

Ez annyit jelent, hogy a sokévi átlagban beszivárgott csapadék mennyiség a Baradla vízgyűjtő területén: 173 mm.

MAUCHA (1990) tanulmányában az Aggteleki-fennsík barlangjainak (Kossuth-, Vass Imre-barlang) vízgyűjtő területére dolgozta ki a karsztos térszínre számítandó K_L lefolyási korrekciót (értéke 2%), melyet jelen vízmérlegben is elfogadunk.

A fenti eredmények birtokában megállapítható, hogy a 27 %-os beszivárgás és a 2%-os felszíni lefolyás esetén a sokévi átlagos evapotranszspiráció értéke a sokévi átlagos csapadékösszeg 71%-a, vagyis 456 mm.

A Baradla-barlang vízgyűjtő területének vízmérleg eredményét az V. táblázatban adjuk meg:

V. táblázat
Table V.

*A Baradla-barlang vízgyűjtőjének vízmérlege
The water balance of the catchment area belonging to Baradla Cave.*

Sokévi átlagos							
Csapadékösszeg		Beszivárgás		Felszíni lefolyás		Evapotranszspiráció	
[mm]	%	[mm]	%	[mm]	%	[mm]	%
642	100	173	27	13	2	456	71

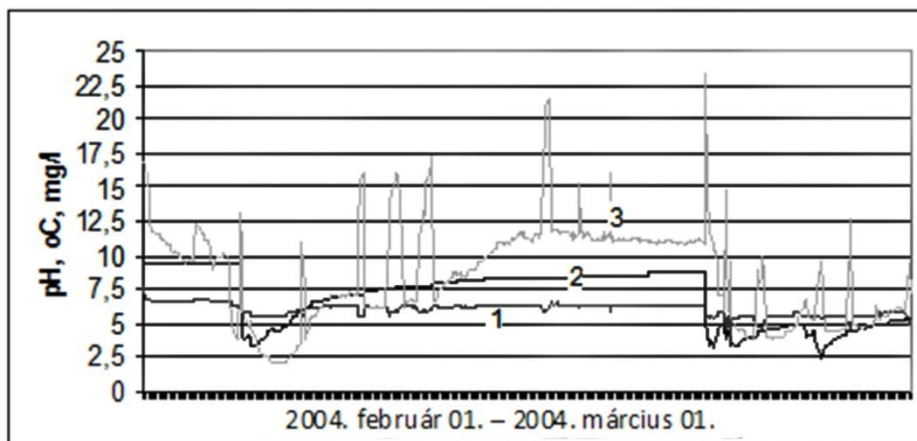
Ezen értékek összevetve a Gömör–Tornai-karszton végzett korábbi vizsgálatokkal, jelentős hasonlóságot mutat. 10 éves vizsgálati ciklusban a beszivárgást 26 %-ban, az evapotranszspiráció értékét 74 %-ban határozták meg (MAUCHA 2000).

5. A Baradla-barlang befolyó vizeinek vizsgálata

A felszínről beszivárgó vizek minőségét a karsztokat borító talajok, növényzet, emberi beavatkozás jelentős mértékben befolyásolja. A talaj és növényzet azáltal, hogy bizonyos anyagokat (pl. nehézfémek) megköt, a beszivárgó vizek minőségét megváltoztathatja. A befolyó vizek minősége azonban a rendszeren átáramlik és a forrásokban felbukkanó vízben megjelenhet olyan káros anyag, ami a víznek ivóvízként történő felhasználását korlátozza. A Baradla-barlang hidrológiai vizsgálatával és a források vízkémiai elemzésével több kutató is foglalkozott (MAUCHA 1930, DUDICH 1930, KESSLER 1955, JAKUCS 1960, SÁSDI 1992; STIEBER 1995, MAUCHA et al. 1998, SZŐKE–KEVEINÉ 2003, GRUBER 2004, 2006, GRUBER et al. 2012, 2014).

A vizsgálatokhoz a Styx és az Acheron patakba 1-1 db fixen telepített YSI multiparaméteres szondát építettünk be. A hálózat folyamatosan mérte a hőmérséklet, pH, oldott oxigén tartalom, vezetőképesség, redox potenciál, nitrát koncentráció értékeit. Az automatikus adatrögzítés után értékeltük ki az adatokat. Az árvizek megindulása esetén a folyamatos monitorozás rögtön kiszűri a külső, pl. szántóföldi eredetű szennyező anyagokat. A korábbi évek szórványmérései alapján jelöltük ki azokat a pontokat, ahol rendszeres monitorozásra van szükség. Alkalmi pontszerű vizsgálatokat is végeztünk. Több ponton mobil mérési helyet kell kialakítani, melyek

rendszeres észlelést igényelnek. Csak így szűrhetők ki azon pontok, amelyek szintén jelentős szennyezőanyagot juttatnak a barlangba. A következő ábrákon (3-6. ábra) az Acheron-patak vízkémiai paramétereinek változásait figyelhetjük meg, lassú hóolvadás és hirtelen olvadásból eredő vízbefolyás esetén.



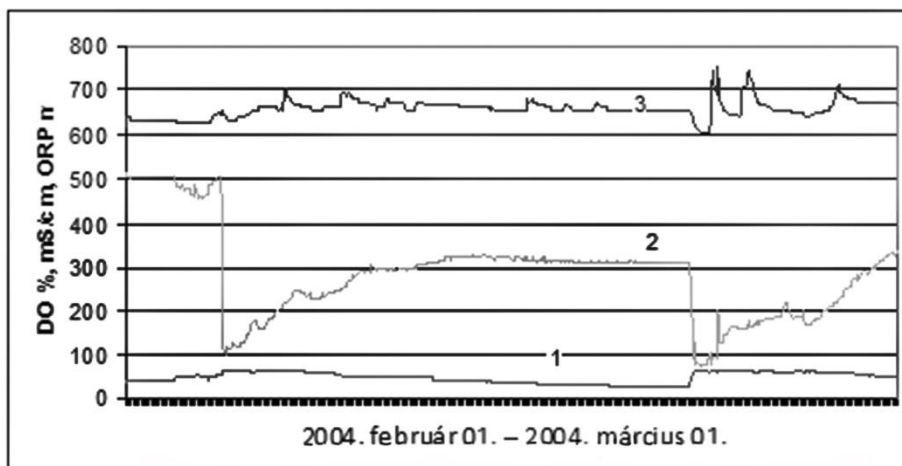
1 2 3

3. ábra: Az Acheron-patak vize lassú hóolvadáskor (2004. február)

Jelmagyarázat: 1. pH; 2. hőmérséklet; 3. NO_3^-

Fig. 3: Acheron Stream, low melting of snow (February 2004)

Legend: 1. pH; 2. temperature; 3. NO_3^-



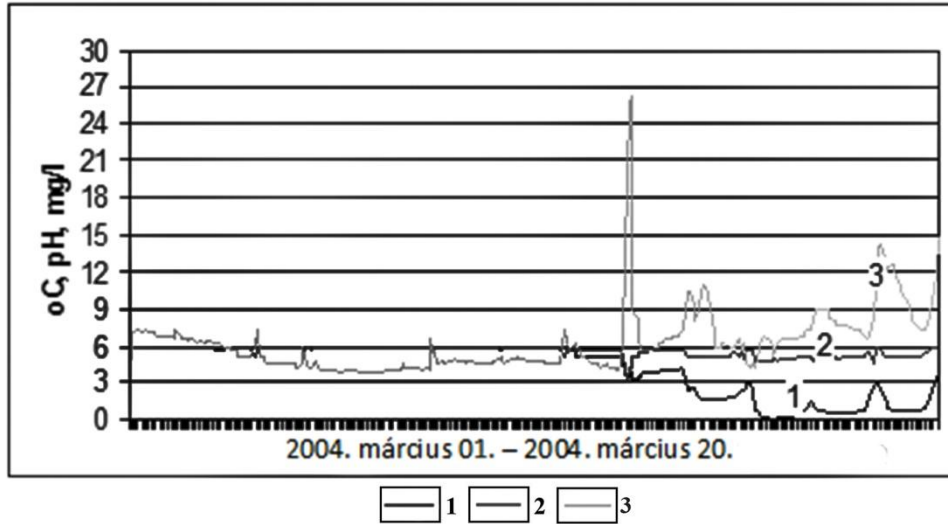
1 2 3

4. ábra: Az Acheron-patak vize lassú hóolvadáskor (2004. február)

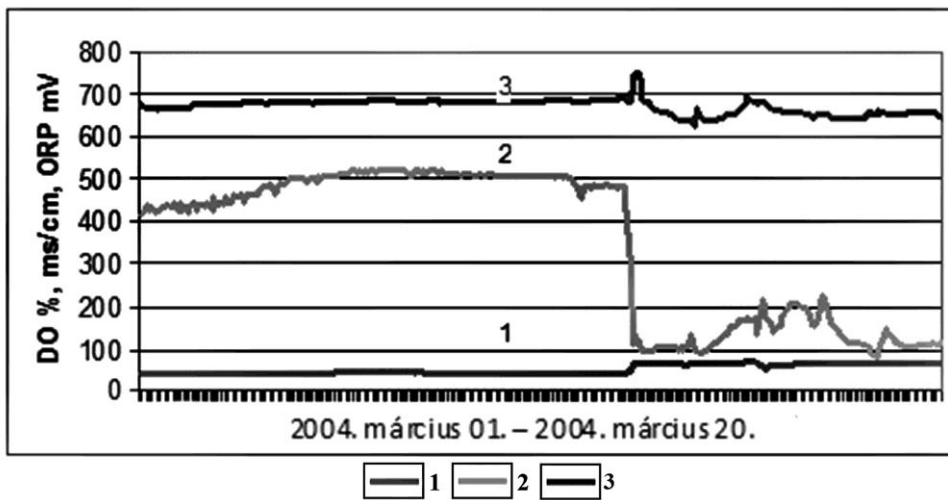
Jelmagyarázat: 1. oldott oxigén; 2. vezetőképesség; 3. redox potenciál

Fig. 4: Acheron Stream, low melting of snow (February 2004)

Legend: 1. dissolved oxygen; 2. conductivity; 3. redox potential



5. ábra: Az Acheron-patak vize hirtelen hóolvadáskor (2004. március)
 Jelmagyarázat: 1. pH; 2. hőmérséklet; 3. NO₃⁻
 Fig. 5 Acheron Stream, flooding after sudden snowmelt (March 2004)
 Legend: 1. pH; 2. temperature; 3. NO₃⁻



6. ábra: Az Acheron-patak vize hirtelen hóolvadáskor (2004. március)
 Jelmagyarázat: 1. oldott oxigén; 2. vezetőképesség; 3. redox potenciál
 Fig. 6 Acheron Stream, flooding after sudden snowmelt (March 2004)
 Legend: 1. dissolved oxygen; 2. conductivity; 3. redox potential

Megállapítható tehát, hogy az Acheronon a hőmérséklet emelkedése következtében meginduló hóolvadások során napi intenzitású árvízi hullám megy végig a patakon. Vízhozam mérés a barlang ezen szakaszain a mérések időpontjában és jelenleg sem működik. Az oldott oxigéntartalom az olvadás megindulásával, az első lökéshullámmal hirtelen megnövekszik. A vezetőképesség, ami a hőmérséklettel azonosan változik, árvíz idején hirtelen lecsökken. A pH az intenzív befolyás idején jelentősen lecsökken, akár 2 értékkel is! A redox potenciál ugrásszerűen megnő a lökéshullámok megindulásával, majd ugyanúgy hirtelen lecsökken az intenzív befolyások megszűntével. A nitrát tartalom a víz, illetve a bemosódás megindulásával látványosan megemelkedik, majd fokozatos csökkenést mutat. A befolyások egyre gyengülnek, majd megindul a patak fokozatos melegezése. Az átfolyás megszűnik, és a medenceszerű mélyedésekben állóvizek alakulnak ki. A hőmérséklet 8,8°C körül állandósul. Az oldott oxigén tartalom először stagnál, majd folyamatos lassúsággal csökken. A pH kis kilengésekkel 7,8 körül állandósul. A redox potenciál kismértékben, de növekszik, míg a vezetőképesség folyamatosan csökken. A nitrát koncentráció a kémiai reakciók következtében fokozatosan csökken.

6. A Baradla-barlang csepegő vizeinek vizsgálata

Csepegő mintákat első alkalommal 2009. januárjában gyűjtöttük, mivel a január végi hótakaró olvadás után számos ponton indult meg az aktív csepegés. A mintavételi helyeken 0,5 l mintát gyűjtöttünk, amit a helyszínen elemeztünk. A következő mintavételre április közepén került sor. A vizsgálatokhoz mobil YSI multiparaméteres szondát használtunk, amely mérte a minta hőmérsékletét, pH-ját, oldott oxigén tartalmát, vezetőképességét, redox potenciálját és a nitrát koncentrációt (VI, VII. táblázat).

VI. táblázat:
Table VI

Csepegő vizek vízkémiai paraméterei (2009. január)
Chemical parameters of drip waters (January 2009)

Hely	Hőm. [°C]	Vezetőképesség [mikroS/cm ²]	Oldott ox. [%]	pH	Redox pot. [mV]	NO ₃ ⁻ [mg/l]
1. Pítvar	10,09	246,0	21	9,53	20,1	0,095
2. Csontház-terem	9,58	244,0	38,5	9,55	29,4	0,551
3. Róka-ág 1.	9,8	269,0	10,4	9,45	8,7	0,115
4. Róka-ág 2.	9,82	287,7	40,5	9,24	117,4	0,014
5. Róka-ág 3.	9,91	295,9	39	9,02	191,1	0,512
6. Kerülő	9,65	289,1	7,2	9,27	94,5	0,155
7. Fekete-terem 1.	10,2	285,4	1,1	9,24	66,1	0,025
8. Denevér-ág 1.	10,28	294,2	2,8	9,225	72,2	0,655
9. Denevér-ág 2.	10,72	339,2	3,8	9,24	76,1	0,547
10. Fekete-terem 2.	10,37	300,1	23	10,19	90,1	0,698

Hely	Hőm. [°C]	Vezetőképesség [mikroS/cm ²]	Oldott ox. [%]	pH	Redox pot. [mV]	N03- [mg/l]
11. Danca-víznyelő	11,04	309,2	3,5	9,52	88,6	0,547
12. Törökfürdő 1.	8,66	209,6	17,8	9,48	85,2	0,254
13. Törökfürdő 1.	8,65	210,6	20,6	9,48	86,6	0,965
14. Viasz-utca	9,2	309,8	28,2	9,32	90,3	0,589
15. Mórea	9,88	342,0	28,7	9,20	98,3	0,547
16. Gát	9,76	319,0	9,6	9,39	56,7	0,855
17. Csipke-terem	9,7	271,2	46,3	8,98	48,7	0,559
18. Libanon-hegy	9,85	220,7	13,7	9,24	88,7	0,115
19. Nehéz-út	9,74	398,5	5,8	9,01	106,1	0,556
20. Vaskapu	9,24	305,1	24,9	9,12	108,4	0,225
21. Törökmeccset-ág	9,37	297,0	6,5	9,08	187,1	0,654
22. Szemiramisz	9,28	323,7	39,2	9,16	147,1	0,569
23. 2350 m	9,27	347,1	5,5	8,95	142,9	0,478
24. Matyórojt	9,31	232,6	61,2	9,19	130,4	0,522
25. Csikóstanya	9,35	328,5	13,6	9,01	128,2	0,125
26. Dareiosz	9,3	243,7	46,3	9,12	88,54	0,154
27. Retek-ág	8,4	102,4	13,9	9,12	94,4	0,569
28. Anyósnyelv	8,15	270,2	21,7	8,94	107,1	0,488
29. Minerva	9,32	304,6	57,7	8,85	116,2	0,965
28. 4500 m	9,15	275,4	73,6	8,95	116,7	0,441
29. 4600 m	8,82	309,1	44	8,85	125,1	0,468
30. 4700 m	8,7	354,4	21,4	8,64	147,1	0,977
31. Vörös-tó	9,24	345,2	25,1	8,75	147,3	0,425

VII. táblázat
Table VII:

Csepegő vizek vízkémiai paraméterei (2009. április)
Chemical parameters of drip water (April 2009)

Hely	Hőm. [°C]	Vezetőképesség [mikroS/cm ²]	Oldott ox. [%]	pH	Redoxpot. [mV]	N0 ₃ ⁻ [mg/l]
1. Pitvar	10,04	754	13,9	8,54	188,2	1,563
2. Csontház-terem	10,58	749	26,25	8,65	175,4	1,554
3. Mórea	10,48	757	1,4	8,54	185,5	3,565
4. Libanon	9,45	978	7,6	8,94	193,2	2,264
5. Vaskapu	10,04	965	9,9	8,34	195,9	1,025
6. Törökmeccset-ág	9,39	712	11,2	8,09	192,7	1,463
7. Matyórojt	9,86	932	16,9	8,08	196,4	1,745
8. Csikóstanya	9,75	942	15,9	8,94	207,6	1,519
9. Dareiosz	9,24	549	22,9	8,11	194,2	1,375
10. Retek-ág	8,97	1078	14	8,96	206,9	2,841
11. Anyósnyelv	8,62	894	18,5	8,21	202,9	1,446
12. Minerva	9,67	1033	18,3	8,02	206,2	2,157
13. 4500 m	9,56	1123	31,2	8,98	208,1	1,111
14. 4600 m	8,62	797	28,3	8,87	203,2	2,381
15. 4700 m	8,85	756	33,4	8,14	202,3	0,740

A csepegő vizeket hőmérsékletük alapján csoportokba osztottuk. Az első csoportba a 8-9°C közötti vizeket, a másodikba a 9-10°C közöttieket, a harmadikba pedig a 10°C fölötti vizeket soroltuk. Az első csoportnál a kőzet kisebb vastagsága, és tektonikai tényező (litoklázis) tette lehetővé a beszivárgó csapadék viszonylag gyors bejutását, ezért az oldat nem melegedett

fel. A második csoportba a normál körülmények között beszivárgó oldatok tartoznak. A harmadik csoportba, pedig a nagyon lassan szivárgó oldatok sorolhatók.

7. Összefoglalás

Meghatároztuk a Baradla-barlang vízmérlegét. Megállapítottuk, hogy a sokéves átlagos csapadékmennyiség (642 mm) 27%-át teszi ki a karsztos beszivárgás (173 mm), 2%-a felszíni lefolyás (13 mm) és 71% az evapotranszspiráció értéke (456 mm). A barlangba befolyó vizek és a csepögő vizek kémiai paramétereit külön-külön megvizsgáltuk. A barlangi patakok és a Jósva-forrás is szoros korrelációt mutat a lehullott és elnyelődött csapadék mennyiségével, mely jelentkezik a vízhozam és a vízkémiai paraméterek változásában is. Jellemzően tél végén, kora tavasszal, tavasszal és kora nyáron fordulnak elő árhullámok a Baradla-barlangban.

A Baradla-barlang beszivárgó vizeit hőmérsékletük alapján három csoportba osztottuk. A beszivárgó vizek hőmérséklete a kőzet vastagságától, illetve tektonikai szerkezetétől függ. Vízkémiai vizsgálatokat januárban és áprilisban gyűjtött mintákon végeztünk. A beszivárgó vizek redox potenciálja, nitrát koncentrációja és elektromos vezetőképessége alacsonyabb, míg a pH-ja és az oldott oxigén koncentrációja magasabb volt januárban, mint áprilisban. Ez azzal magyarázható, hogy hóolvadáskor a beszivárgó oldatok nagy mennyiségű szerves eredetű összetevőt hoznak magukkal, amely jelentősen megnöveli az elektromos vezetőképességet. A vizsgálatokat folytatni kell a jövőben is, hogy átfogó képet kapjunk a barlangrendszer hidrológiájáról és környezetföldtanáról, mely biztosítja a barlangrendszer és a karsztvíz hatékonyabb védelmét.

IRODALOM

- DUDICH E.* (1930): Az Aggteleki barlang vizeiről. – Hidrológiai Közöny I., pp. 1-33.
- GRUBER P.* (2004): A Baradla-barlang hidrológiai észlelő (monitoring) rendszerének bemutatása. – Karsztfejlődés IX.: pp. 339-347.
- GRUBER P.* (2006): A Baradla-barlang környezeti monitoring rendszerének bemutatása és az eredmények értékelése. – Barlangkutatók szakmai találkozója. Szeged, CD.
- GRUBER P. – KERESKÉNYI E. – KOLTAI G. – KEVEINÉ BÁRÁNYI I.* (2012): Data on the hydrogeographical conditions of Baradla cave: seepage

- and drip waters. – Acta climatologica et chorologica. Universitatis Szegediensis, Tomus 46, pp. 125–134.
- GRUBER P. – KERESKÉNYI E. – KOLTAI G. – KEVEINÉ BÁRÁNY I.* (2014): Adatok a Baradla-barlang hidrogeográfiai viszonyaihoz, különös tekintettel a befolyó és csepegő vizekre. – ANP füzetek, Jósvalfő, pp. 9-27.
- HAVIAROVÁ, D. – GRUBER P.* (2006): Stopovacia skúška v jaskyni Milada. – Aragonit, 11, pp. 43-45.
- GRUBER P. – GAÁL L.* szerk. (2014): A Baradla–Domica-barlangrendszer – A barlang, amely összeköt (monográfia) – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, pp. 1-512.
- JAKUCS L.* (1960): Az Aggteleki barlangok genetikája a komplex forrás-vizsgálatok tükrében. – Karszt és Barlangkutatás. 1959. (I) pp. 37-77.
- KESSLER H.* (1955): Forrástani részletvizsgálatok az Aggteleki karsztvidéken. VITUKI beszámoló 1954-ről, VITUKI, Budapest, pp. 1-134
- MAUCHA L.* (1990): A karsztos beszívárgás számítása. – Hidrológiai közlöny, pp. 153-161.
- MAUCHA L.* (1998): Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai. 1958-1993. – A VITUKI Rt. Hidrológiai kiadványa. VITUKI Budapest. p. 1-414.
- MAUCHA R.* (1930): Az Aggteleki barlang vizeinek chemiai vizsgálata. – Hidrológiai. Közlemények. pp. 3–9.
- SÁSDI L.* (1992): Az Aggtelek-Rudabányai-hegység vízrajzi és vízföldtani viszonyai. – Kézirat, Aggteleki Nemzeti Park, 101 p.
- SÁSDI L. – SZILÁGYI F.* (1986): Víznyomjelzéses vizsgálatok az Aggteleki karszton – Karszt és Barlang, I. pp. 33–38.
- SÁSDI L. – SZILÁGYI F.* (1993): Az Észak-borsodi-karszt hidrogeológiai kutatása során elvégzett víznyomjelzéses vizsgálatok értékelése. – Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet
- STIEBER J.* (1995): Barlangklimatológiai és vízkémiai szakértői vélemény a Baradla-barlang aggteleki szakaszának gyógy-barlanggá nyilvánításához. Kézirat, Aggteleki Nemzeti Park, pp. 16-21.
- SZŐKE E. – KEVEINÉ BÁRÁNY I.* (2003): Karsztvíz vizsgálatok az aggteleki karszton, különös tekintettel a nehézfém szennyezésre. Karsztfejlődés VIII.: pp. 173-185.
- VASS I.* (1831): Az Aggteleki barlang leírása, fekete területével, talprajzolatával és hosszába való átvágásával. – Landerer, Pest, 82 p.